ÜBER DAS RETRAKTIONSVERHALTEN DURCHTRENNTER PERIPHERER NERVEN

- Eine experimentelle Untersuchung an den Extremitätennerven des Kaninchens -

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
Bonn

vorgelegt von
HANS DIETER LOWEY
aus
Bonn

1980

Über das Retraktionsverhalten durchtrennter peripherer Nerven

- Eine experimentelle Untersuchung an den Extremitätennerven des Kaninchens -

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
BONN

vorgelegt von
HANS DIETER LOWEY
aus
Bonn
198o

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv. Doz. Dr. G. Orf
2. Gutachter: Prof. Dr. F. Gullotta

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Neurochirurgischen Klinik der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

(Direktor: Prof. Dr. Dr. R. Wüllenweber)

Druck: Heismann, Bonn

Meinen Eltern gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

II. Problemstellung

III. Material und Methoden
1. Versuchsobjekte
2. Verletzungshäufigkeiten und -ursachen peripherer Nerven
3. Praedilektionsorte für Verletzungen an den jeweiligen Nerven
4. Übersicht über die vorgenommenen Messungen und ihren Stichprobenumfang
5. Darstellung der Schnittpunkte der untersuchten Nerven
6. Definition der Schnittpunkte im Nervenverlauf
7. Versuchsschema
8. Experimentelle Untersuchung
9. Messung der Nervenlängen

IV. Ergebnisse
1. Längen der herauspräparierten Nerven
2. Plexus brachialis
3. N.medianus
4. N.ulnaris
5. N.radialis
6. N.ischiadicus
7. N.peronaeus
8. N.tibialis

V. Auswertung

1. Beziehung der Nervenlängen zu Gewicht und Lückengröße
2. Beziehung der Lückengröße zum Ort der Durchtrennung im Nervenverlauf
3. Beziehung des Nervenbettes zur Lückengröße
4. Beziehung der Gelenkbewegungen der Extremitäten zur Lückengröße
5. Korrelation der Lückengröße zum Kniegelenkswinkel
6. Auswirkung einer Knochenfraktur auf die Lückengröße am Beispiel des Humerus
7. Zur Frage der kritischen Lückengröße
8. Signifikanz der Meßwerte

VI. Diskussion

VII. Literaturverzeichnis

VIII. Lebenslauf

I. Einleitung

Verletzungen peripherer Nerven nehmen etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts im Gefolge einer verstärkt mechanisierten Umwelt ständig zu. Ihre Behandlung stellt daher heute ein wichtiges Kapitel der Neuro- und Unfallchirurgie dar.

Von besonderer Bedeutung für die Wiedererlangung der nervalen Funktion ist eine exakte operative Rekonstruktion eines in seiner Kontinuität lädierten Nerven. Sie entscheidet über die berufliche und soziale Rehabilitation des betreffenden Patienten. Zur optimalen Unterstützung der Heilungs- und Reparationsvorgänge an Nervendefekten sind deshalb seit den Anfängen der Nervenchirurgie mannigfaltige Methoden entwickelt und zum Teil wieder verworfen worden.

Zur Wiederherstellung durchtrennter Nerven gibt es heute zwei grundsätzliche Verfahrensweisen:

- End-zu-End-Naht

- Transplantation eines autologen Nervenstücks.

Das erste ältere Verfahren kommt nur bei kleineren Substanzverlusten in Frage, wenn sich die Nervenenden, eventuell unterstützt durch Mobilisation, Verlagerung oder andere Maßnahmen, ohne Spannung zusammenbringen und vernähen lassen.

Diese Spannungsfreiheit hat sich - neben der Verhinderung von Bindegewebsproliferationen - als Hauptkriterium für den Erfolg des Eingriffs herausgestellt und damit, auch im Zuge einer sich ständig verbessernden Operationstechnik, die Indikation für eine Lückenüberbrückung mittels Autotransplantaten zunehmend erweitert. Denn diese erlaubt eine spannungsfreie Rekonstruktion.

Trotzdem beinhaltet dieses Verfahren neben dem entscheidenden Vorteil der Spannungsfreiheit auch Nachteile, wie den Verlust des Spendernerven mit seinen möglichen Komplikationen, die zweimalige Nervennaht und die damit verbundenen Risiken für die Nervenregeneration wie schlechte Blutversorgung (SANDERS 1954) und verminderte Wachstumsgeschwindigkeit der nachwachsenden Nervenfasern (SANDERS and YOUNG 1942).

Die beiden Operationsverfahren sind also alternative Verfahrensweisen mit unterschiedlichen Indikationen:
Für die Versorgung großer Defekte ist die Transplantation unumgänglich, für kleinere Nervenunterbrechungen ist die End-zu-End-Naht das bessere Verfahren.

Wie jedoch sind diese Indikationsbereiche abzugrenzen ?
Der geeignetste Maßstab ist die Größe der zu schließenden Nervenlücke.

Von den verschiedensten Autoren werden dazu unter diversen Gesichtspunkten kritische Lückengrößen, die eine sinnvolle End-zu-End-Naht erlauben sollen, genannt. Diese variieren nicht unerheblich (ORF 1978).

Die Nervenlücke nach Durchtrennung, wie sie sich dem Operateur darbietet, setzt sich zusammen aus dem Substanzverlust, den der Nerv infolge Unfall oder iatrogener Maßnahmen erleidet, und dem Auseinanderweichen der Nervenenden, welches auf mechanischen Faktoren beruht (ORF 1978). Dieses Retraktionsverhalten ist für die Beurteilung der traumatischen Defektgröße wesentlich.

Die vorliegende Untersuchung des Retraktionsverhaltens peripherer Nerven soll Aufschluß geben über ihren Anteil an der Lückendistanz und damit Indikationsstellung der beiden o.a. Operationsverfahren beitragen.

II. Problemstellung

Die Retraktion des durchtrennten peripheren Nerven hat einen wesentlichen Anteil an der Größe einer Nervenlücke. Will man den Substanzverlust am Nerven abschätzen oder eine allgemeine, für die End-zu-End-Naht eben noch praktikable kritische Resektionslänge angeben, muß man die Größe der entstehenden Nervenlücke und die sie beeinflussenden Faktoren kennen.

Folgende Möglichkeiten sind für das Retraktionsverhalten denkbar:

- kein spezifisch sich wiederholendes, sondern ein biologisch individuell verschiedenes
- in gewissen Grenzen regelhaftes für alle peripheren Nerven
- ein regelhaftes nur für den jeweiligen Nerven
- ein regelhaftes, abhängig vom Nervenverlauf und von anderen Faktoren für den jeweiligen spezifischen Nerven oder auch für periphere Nerven allgemein.

Als mögliche Einflußfaktoren des Nerven bieten sich an:

- Eigenelastizität
- Dicke und Länge
- Durchtrennungsort
- Fixation bei der Passage anatomischer Engstellen
- Fixation im Bindegewebe, Muskel oder Knochen
- Gelenkstellung der jeweiligen Extremitäten
- Gewicht und Ernährungsstand.

Der zu gewinnende Aufschluß über das Retraktionsverhalten als Anteil an der primären Lückengröße, wie sie sich an den zu untersuchenden Nerven unmittelbar nach Kontinuitätsverlust darstellt (ORF 1978), sollte uns erlauben, die oben erwähnten Verhaltensmöglichkeiten einzugrenzen und das Retraktionsausmaß peripherer Nerven zu bestimmen.

III. Material und Methoden

Extremitätennerven des Kaninchens wurden glatt durchtrennt und die entstehenden Nervenlücken als Parameter der Nervenretraktion in Abhängigkeit von der Gelenkstellung der betreffenden Extremität in mehreren Schritten von minimaler nach maximaler physiologischer Nervendehnung gemessen.

Untersucht wurden die Nerven Medinaus, Radialis, Ulnaris sowie der Plexus brachialis an der oberen und Ischiadicus, Tibialis und Peronaeus an der unteren Extremität. Wie in einem der folgenden Kapitel belegt, sind sie von Verletzungen am häufigsten betroffen.

Die Durchtrennungspunkte im Nervenverlauf wurden nach mehreren Gesichtspunkten hin ausgewählt:

- Punkte, die besonders häufig von Verletzungen betroffen werden, dienten dem Bezug zur Klinik
- korrespondierende Punkte an Oberarm und Unterarm dienten dem Vergleich verschiedener Nerven untereinander und der Erfassung des Retraktionsverhaltens gleicher Nerven von proximal nach distal
- Punkte, an denen die Nervenretraktion durch anatomische Gegebenheiten beeinflußt wurden: Verwachsungsstellen, knochennahe Verläufe etc.

Nach Abschluß der Lückenmessungen wurden die Nerven präpariert und ihre Länge gemessen, um die Lückengröße in Prozent der jeweiligen Nervenlänge angeben zu können, dies im Hinblick auf die Übertragung der gefundenen Werte auf die Verhältnisse am Menschen und ihre eventuelle klinische Anwendung.

1. Versuchsobjekte

Für die Experimentelle Untersuchung wären natürlich menschliche Nerven am geeignetsten. Deren Verwendung ist jedoch aus folgenden Gründen nicht möglich:

- Der Nerv muß im nativen Zustand oder aber unmittelbar nach dem Tode durchtrennt und untersucht werden, da sonst postmortale Veränderungen die Retraktionseigenschaften verändern. Es kommt daher eine Untersuchung an Leichen etwa im Rahmen pathologischer Sektionen nicht in Frage.

- Der Nervenschnitt muß glatt und frisch sein. Diese Art der Verletzung ohne Substanzverlust ist selten, Nervenverletzungen kommen überwiegend erst zur Sekundärversorgung in die Hand des Arztes. Dann liegen aber bereits proliferative Veränderungen vor.

- Eine Untersuchung im Rahmen iatrogener Schnittsetzungen wäre möglich, aber:

  - Tumorresektionen peripherer Nerven sind sehr selten. Eine Literatursuche nach Arbeiten, welche iatrogene Durchtrennungen peripherer Nerven im Rahmen von Operationen zum Gegenstand haben, erwies sich als recht unergiebig. Bei den wenigen Arbeiten, die auf diesem Gebiet erschienen sind, war die Anzahl der Fälle zu gering, die Zeiträume, in denen sie an den betreffenden Kliniken zur Beobachtung kamen, zu groß. Als Grundlage für ein systematisches Experiment sind sie nicht geeignet. BARFRED und ZACHARIAE (1975) berichten von 2 Fällen. BRAIDWOOD (1975) stellt 12 Fälle von Radialis superficialis Neuralgien vor, in 4 Fällen wurde dabei der Nerv durchtrennt. KLINE und HACKETT (1975) berichten von 14 Tumorexzisionen aus peripheren Nerven während eines Zeitraumes von 8 Jahren.

- Resektionen nekrotischer Teile nach Transplantation sind ebenfalls selten und wegen Zellveränderungen nicht paradigmatisch.

Es bleibt also für eine systematische Untersuchung nur der Tierversuch. Für die Nervenpräparation brauchen die Versuchstiere eine bestimmte Mindestgröße. Benutzt wurden daher graue Deutsche Riesenkaninchen mit einem Gewicht von 5 kg $\pm$ 79o,9 g.

2. Verletzungshäufigkeiten und -ursachen peripherer Nerven

Das Problem verletzter, in ihrer Kontinuität unterbrochener peripherer Nerven geriet in den Blickwinkel der Medizin im Gefolge des modernen Krieges zu Beginn dieses Jahrhundert. Von 2 bis 4 % Nervenbeteiligungen an den Kriegsverletzungen im 1. Weltkrieg kletterte dieser Anteil mit der Perfektionierung automatischer Streu- und Splitterwaffen auf ca. 15 % und mehr im 2. Weltkrieg (SUNDERLAND 1968, KESSEL, GUTTMANN, MAURER 1971).

Bis zur Mitte des Jahrhunderts vor allem als Domäne der Kriegschirurgie betrachtet, sind Nerventraumata in den letzten Jahrzehnten infolge der immer weitergehenden Mechanisierung der Arbeitswelt und auch der steigenden Unfallziffern im Straßenverkehr zunehmend häufiger geworden.

Anteil der Nervenverletzungen:

Unfall am Arbeitsplatz	Unfall im Verkehr	Autor
59,o %	2o,2 %	ULRICH (1975)
73,9 %	25,5 %	LOB (1973)

Dementsprechend findet ULRICH einen hohen Anteil von Arbeitern unter Nervenverletzten: 6o,4 %. Weiterhin interessandt: Kinder und Jugendliche sind stark beteiligt, 8,2 % bei ULRICH, 26 % gar bei SAKELLARIDES (1962).

Überhaupt finden sich Nervenverletzungen bevorzugt bei jüngeren Patienten. LOB (1973) gibt als Durchschnittsalter seiner Fälle 32,5 Jahre an, ein Maximum findet er bei 21-3ojährigen. Das männliche Geschlecht überwiegt.

Für die vorliegende Untersuchung ist im Hinblick auf die Auswahl der zu untersuchenden peripheren Nerven die Gefährdung der einzelnen Nerven von besonderer Bedeutung. Es gibt darüber etliche statistische Untersuchungen, die jedoch zu recht unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Dies beruht wohl zum einen auf Variationen im untersuchten Krankengut (z.B.Kriegsverletzungen, Fälle einer Unfallklinik, Versicherungsstatistiken etc.), zum anderen darauf, daß unterschiedliche Arten von Nervenschädigungen er- und zusammengefaßt wurden: Schädigungen allgemein, Lähmungen, reine Verletzungen etc.

Eine totale Durchtrennung des Nerven, womit sich diese Untersuchung befaßt, ist seltener. Bei STAMPFLI (1953) finden sich 56 Durchtrennungen bei 117 Nervenschädigungen. PROBST und LOB (1973) fanden bei 261 Weichteilverletzungen 117 mit Nervenbeteiligung, davon 52 Durchtrennungen. HAYMAKER und WOODHALL (1953) finden bei ihren Fällen einen Anteil von 4,5 % Durchtrennungen bei Weichteilwunden und ausgedehnteren Verletzungen.

Als Verletzungsursache kommen in erster Linie Schnitt- und Stichverletzungen sowie Frakturen in Frage, häufig auch beim Polytraumatisierten.

Fraktur	Schnitt	Autor
47,8 %	12,5 %	ULRICH (1975)
22,8 %	4o,4 %	HENSELL (1972)

STAMPFLI (1953) findet bei Schnittverletzungen zur Hälfte Glasscherben als Ursache, zu einem Viertel Fräs- und Messerstichverletzungen.

Medianus und Ulnaris werden weitaus häufiger durch Schnitt verletzt und damit auch eher durchtrennt als der Radialis, welcher besonders durch Oberarmbrüche gefährdet ist.

Die obere Extremität ist wesentlich häufiger betroffen als die untere, an ihr wiederum ganz besonders Hand, Handgelenk und Unterarm. (5o % aller Fälle bei STAMPFLI (1953) betreffen das Handgelenk, LARSEN und POSCH (1959) finden bei 325 Fällen der oberen Extremitäten 155 mal Hand, 137 mal Handwurzel, 33 mal Oberarm betroffen.)

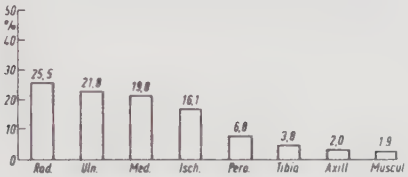
Das Verhältnis oberer zu unterer Extremität:

obere Extremität	untere Extremität	Autor
66,2o %	-	WEXBERG (1935)
88,11 %	11,89 %	KUHLENDAHL (1966)
81,oo %	19,oo %	HENSELL (1972)

Die folgende Tabelle von KESSEL, GUTTMANN, MAURER (1971) gibt die Verletzungshäufigkeit von peripheren Nerven an, wie sie von verschiedenen Autoren gefunden wurden (die Angaben sind in Prozent ausgedrückt, bezogen auf die Fallzahl):

	Fall-Zahl (Durchschnittszahlen)	N. radialis	N. ulnaris	N. peroneus	N. ischiadicus	N. medianus	N. med./ulnaris	N. tibialis	Plex. brachialis	N. musculoc.	N. axillaris	N. femoralis
MAURER	648	22,1	19,6	15,6	14,5	12,2	7,4	3,8	3,7	0,8	0,15	0,15
FIEDLER	717	26,1	17,6	7,5	16,2	17,5	9,5	0,6	2,7	0,3	0,3	0,6
KUHLENDAHL	142	14,0	38,0	6,2	2,8	13,0	3,0	0,7	18,0	—	—	1,4
WEXBERG	148	25,0	17,6			17,6		-	—	—	—	—
SAKELLARIDES	172	17,4	39,8			29,6	11,6					
HUBNER ISTORP	77	10,5	38,2	2,7	1,3	38,2	-	-	8,7			
KLAR	107	18,7	38,3	-	- -	23,4	-	-	14,9	—	1,9	
GRUNDMANN	175	22,9	6,9	21,7	12,0	5,7	9,1	2,9	10,9	1,1	1,1	0,6
PADOVANI	?	12,0	-	-	19,0	19,5	-	—	4,0	1,0	-	-
PETROV-SOLAROV	118	14,4	14,4	5,1	10,2	25,4	-	4,2	13,6	0,8	1,7	3,3

Das folgende Histogramm, ebenfalls von KESSEL, GUTTMANN, MAURER (1971), veranschaulicht die entsprechenden Häufigkeiten:



Verletzungshäufigkeit der einzelnen Nerven.

3. Praedilektionsorte für Verletzungen an den jeweiligen Nerven

Für die Auswahl der Schnittpunkte im Nervenverlauf waren neben systematisch-anatomischen Gesichtspunkten die Praedilektionsorte entscheidend. Abgesehen von der bereits erwähnten massiven Häufung an der Oberextremität und dort wiederum speziell im distalen Bereich, finden sich im anatomischen Verlauf der einzelnen Nerven Punkte, an denen sie gehäuft von Verletzungen betroffen werden; etwa weil sie hier in Knochennähe durch Bruch gefährdet sind, oder aber einen oberflächlichen Verlauf an exponierten Extremitätenpartien nehmen. Gefährdet sind auch jene Stellen, wo der Nerv anatomische Engpässe passiert und hier, stark in der Umgebung fixiert, einwirkender Gewalt nicht so gut nachgeben kann, wie er dies - dank seiner Elastizität - andernorts vermag.

Verletzungspraedilektionen und -ursachen werden in der Literatur ausführlich behandelt. In erster Linie beziehen sie sich auf äußere Verletzungen, welche zu Durchtrennungen und damit zur Notwendigkeit einer Nervennaht bzw.Transplantation führen (KESSEL, GUTTMANN, MAURER 1971).

Brüche führen in den meisten Fällen nicht zu Zerreißungen: GURDJIAN und SMATHERS (1945) fanden z.B. bei 32 freigelegten Nn.radialis 5 Durchtrennungen.

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich zur Hauptsache auf die Lehrbücher von KESSEL, GUTTMANN, MAURER (1971) und SUNDERLAND (1968).

Plexus brachialis

Schuß- und Stichverletzungen sind meist kriegsbedingt. Motorrad- und Keilriemenverletzungen führen zu Zerrungen bis hin zu Wurzelausrissen. Der obere Plexusanteil ist gefährdeter als der untere.

N.medianus
Bevorzugte Orte für Schuß, Stich und Schnitt sind Axilla, Sulcus bicipitalis ulnaris, Hand und Handgelenksgegend. Gefährdet ist der Nerv bei distalen Radiusfrakturen und Handwurzelbrüchen sowie bei supracondylären Humerusfrakturen mit starker Dislokation. Am häufigsten betroffen: Handgelenksgegend.

N.radialis
Derjenige Nerv, welcher am meisten von Frakturen in Mitleidenschaft gezogen wird. Nach KESSEL, GUTTMANN, MAURER steht die Hälfte aller Radialisverletzungen mit Oberarmbrüchen in Zusammenhang, besonders der mittlere und distale Oberarm ist bei diesen Bruchverletzungen betroffen (Muskeldurchtritt mit starker Fixierung, Knochennähe). Obere Radiusfrakturen gefährden den R.interosseus posterior. Schnitt- und Stichverletzungen dominieren im distalen Unterarm- und Handgelenksbereich.

N.ulnaris
Der Nerv wird durch Schnitt- und Bruchverletzungen im Ellbogenbereich gefährdet (oberflächliche Lage in Knochennähe und fixiert). Schnitt und Stich betreffen besonders Hand und Handgelenk, weniger oft Oberarm und Axilla.

N.ischiadicus
Frakturen, besonders im Hüftgelenk; Femur und Becken sind weniger häufig betroffen. Der Peronaeusanteil ist vulnerabler.

N.peronaeus
Stark gefährdet ist die oberflächliche Strecke über dem Fibulakopf durch Schnitt und Riß sowie durch Brüche und Luxationen in diesem Bereich.

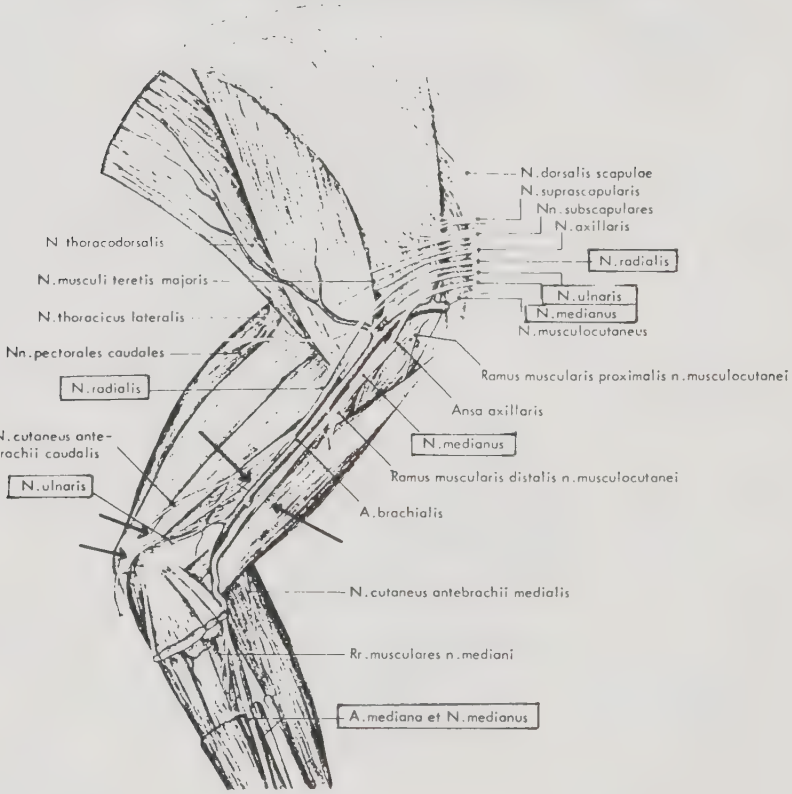
N.tibialis
Gut geschützter Verlauf im Unterschenkel. Gefährdet durch Schienbeinbrüche, besonders auch am Sprunggelenk.

4. Übersicht über die vorgenommenen Messungen und ihren Stichprobenumfang

Obere Extremität	Ort der Durchtrennung	Anzahl der Messungen
Plexus brachialis	1 cm nach Austritt aus dem Foramen intervertebrale	4
N.medianus	Übergang vom mittleren zum unteren Oberarmdrittel	2o
	Übergang vom mittleren zum unteren Unterarmdrittel	14
	Übergang vom mittleren zum unteren Unterarmdrittel, Arteria mediana mit durchtrennt	15
	Handgelenkslinie	1o
N.ulnaris	Übergang vom mittleren zum unteren Oberarmdrittel	2o
	Distaler Oberarm, o,5 cm vor Eintritt in den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus minimus	1o
	In Höhe der Olecranonspitze im Verlauf durch den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus minimus	15
	Übergang vom mittleren zum unteren Unterarmdrittel	1o
N.radialis	Oberarmmitte im Durchtritt durch den M.triceps nach dorsal	2o
	o,5 cm nach Austritt aus dem M.triceps, Humerus frakturiert	15
Untere Extremität		
N.ischiadicus	Ein Viertel der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius	19
	Ein Viertel der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius, vom Bindegewebe isoliert	1o
N.peronaeus	1 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius	2o
	Übergang vom mittleren zum oberen Unterschenkeldrittel	1o

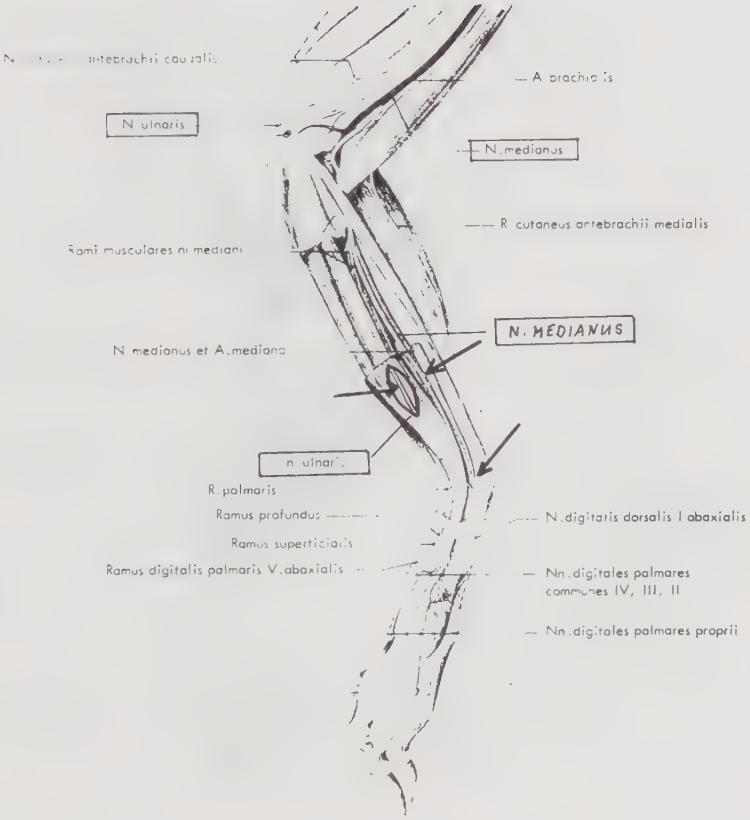
N.tibialis	Übergang vom mittleren zum oberen Unterschenkeldrittel	5
	Übergang vom mittleren zum unteren Unterschenkeldrittel	2o

5. Darstellung der Durchtrennungspunkte (Pfeile) der untersuchten Nerven

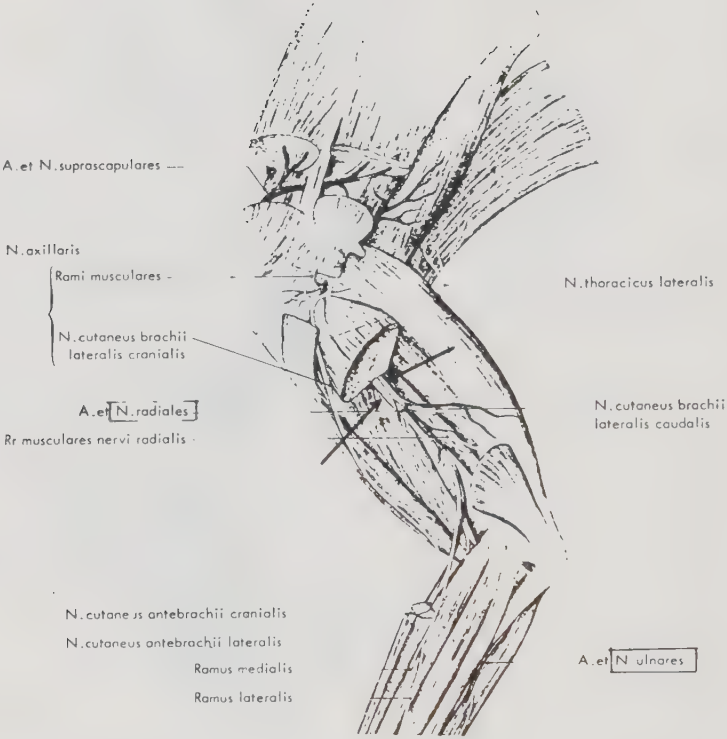


linker Vorderlauf des Kaninchens
- mediale Seite -

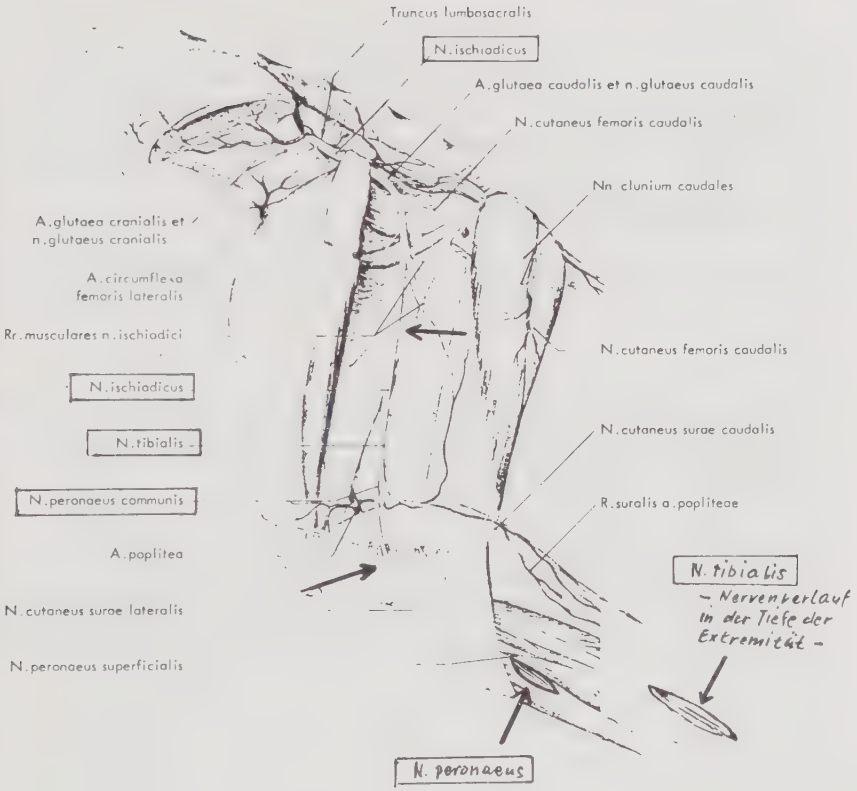
Zeichnungen aus:
R.BARONE, Atlas d'anatomie du lapin, 1973



linker Vorderlauf des Kaninchens
- mediale Seite -



linker Vorderlauf des Kaninchens
- laterale Seite -



linker Hinterlauf des Kaninchens
- laterale Seite -

6. Zur Definition der Durchtrennungs-/Meßpunkte im Nervenverlauf

Um den unterschiedlichen Extremitätenlängen Rechnung zu tragen, wurde bei der Definition der Meßpunkte auf absolute Längenmaße verzichtet, vielmehr dienten die jeweiligen Extremitätenlängen zusammen mit markanten anatomischen Bezugspunkten als Grundlage zum Aufsuchen der Durchtrennungs-/Meßpunkte.

So bedeutet z.B. "Unterarm, m/u Drittel", daß der Meßpunkt auf der Grenze vom mittleren zum unteren Unterarmdrittel zu finden ist usw.

Die Messung der benötigten Extremitätenlängen erfolgte in Anlehnung an die in Orthopädie und Anthropometrie gebräuchlichen Bezugspunkte (KAROLYI 1971, SCHNELLE 1964):

Oberarm	Processus hamatus - Epicondylus lateralis
Unterarm	Processus olecrani - Handgelenkslinie
Obrschenkel	Trochanter tertius - lateraler Kniegelenksspalt
Unterschenkel	lateraler Kniegelenksspalt - Malleolus lateralis

7. Versuchsschema

Das Schema für die Durchführung der Versuche wurde unter dem Gesichtspunkt entworfen, die resultierende Nervenlücke jeweils von der den Nerven entspannenden zur spannenden Extremitätenposition zu messen, also eine zunehmend größer werdende Retraktion der Nervenenden zu erfassen. Dies geschah in Anlehnung an die in der Literatur von diversen Autoren angegebenen Entspannungs- und Spannungsstellungen der Gliedmaßen für die einzelnen Nerven (LANG und WCHSMUTH 1959, KESSEL, GUTTMANN, MAURER 1971, STOFFEL 1915).

Jede Meßreihe bezieht sich also auf einen Schnittpunkt eines bestimmten Nerven und besteht aus mehreren Meßpositionen P1 - P4 (bzw.P5 als letzter Meßwert generell an der Unterextremität sowie an der Oberextremität im Falle der Radialis-Messung mit frakturiertem Humerus). Die Meßpositionen P sind definiert durch bestimmte für den jeweiligen Nerven und eventuellen Schnittort beschriebene Gelenkstellungen. Der Nerv wurde in Entspannung durchtrennt und die Lückenmessung bei P1 begonnen. Sodann wurden die Extremitätenteile so bewegt, daß nach und nach über mehrere Meßpositionen P X die maximale Spannung des Nerven erreicht und schließlich die entsprechende Lücke bei P 4 (P5) gemessen werden konnte. Die Zwischenschritte wurden nach Möglichkeit so gewählt, daß der Bewegungseinfluß der einzelnen Extremitätenteile (Bewegung im Schultergelenk, im Ellbogengelenk, im Handgelenk etc.) auf die Lückengröße sichtbar wurde.

Schema zur Erfassung der Meßwerte:

Positionen der Extremitäten

N.ischiadicus, N.tibialis und N.peronaeus

P 1. Knie geb., Fuß plantar, Oberschenkel max.gestreckt

P 2. Knie geb., Fuß plantar, Oberschenkel in Mittelstellung (9o° zur WS)

P 3. Knie geb., Fuß plantar, Oberschenkel max.gebeugt

P 4. Oberschenkel mittel, Kniegelenk in der Streckstellung: 6o °
9o °
12o °
15o °
in maximaler Streckstellung

P 5. Knie max.gestreckt, Fuß max.dorsal, Oberschenkel max.geb.

N.ulnaris

P 1. Oberarm dicht am Körper anl.,Hand palmar,Ellb.max.gestreckt

P 2. Oberarm mittel (9o° zu Körp.), Hand palmar,Ellb.max.gestr.

P 3. Oberarm mittel, Hand dorsal, Ellb.max.gebeugt

P 4. Oberarm max.Anteversio, Hand dorsal,Ellbogen max.gebeugt

N.medianus

P 1. Oberarm dicht anl., Hand palmar, Ellbogen max.gebeugt

P 2. Oberarm mittel 9o°, Hand palmar, Ellbogen max.gebeugt

P 3. Oberarm mittel 9o°, Hand dorsal, Ellbogen gestreckt

P 4. Oberarm max.Anteversio, Ellbogen gestreckt,Hand dorsal

N.radialis

P 1. Oberarm dicht anl.,Ellbogen max.gebeugt, Hand dorsal

P 2. Oberarm mittel 9o°, Ellbogen gebeugt, Hand dorsal

P 3. Oberarm mittel 9o°, Ellbogen gestreckt, Hand palmar

P 4. Oberarm max.Anteversio, Ellbogen gestreckt, Hand palmar

Bei der Messung des N.radialis mit frakturiertem Humerus sowie des N.peronaeus o,5 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius war es erforderlich, das Meßschema leicht zu ändern. Dies wird an jeweiliger Stelle näher ausgeführt.

8. Experimentelle Untersuchung

31 Kaninchen wurden mit 3o mg/kg Körpergewicht Nembutal betäubt. Jeder Nerv wurde nur einmal pro Tier durchtrennt. Nach Darstellung an den jeweiligen Meßorten wurden die Nerven auf ca.3 mm am Oberarm, auf ca.5 mm am Bein allseits von fixierendem Bindegewebe befreit und sodann in Entspannungsstellung mit einer scharfen Schere durchtrennt. Diese definierte Isolierung erwies sich als notwendig, um eine vergleichbare Durchtrennung zu setzen. Beim Durchschneiden entstand nun entweder eine Nervenlücke, der Nerv wich nicht auseinander oder aber er bildete einen Überstand (Ü). Infolge mechanischer Nervenreizungen trat bei der Neurotomie fast immer ein kurzer Muskelkrampf auf.

Schlängelte sich der Nerv beim Auseinanderweichen, so wurde er leicht wieder begradigt (Einheitlichkeit). Blutgerinnsel zwischen den Nervenenden wurden mit der Pinzette entfernt, die Enden selbst einmal leicht angehoben, um zu verhindern, daß noch bestehende dünne Bindegewebsfasern diese verbinden, und um Verklebungen zu vermeiden. Falls bei schwierigeren Präparationen die Meßstelle austrocknete, wurde diese mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet. Die Extremität wurde in den jeweiligen Meßpositionen von einer Hilfsperson fixiert. Die Messung der Retraktionslücke am Nerven erfolgte mit einem Stechzirkel; die Meßwerte wurden auf einen halben Millimeter genau an einem Lineal abgelesen.

An der Unterextremität wurde nach den ersten drei Positionen des Oberschenkels von maximaler Beugung auf Mittelposition (9o° zur Wirbelsäule) zurückgegangen, da die maximale Beugung im Oberschenkel die maximalen Stellungen im Kniegelenk behinderte.

An der Unterextremität wurden die Gelenkbewegungen im Hüftgelenk und Fußgelenk wie an der Oberextremität mit definitiven Gelenkbewegungen erfaßt. Die Bewegung im Kniegelenk und ihr Einfluß auf die Nervenlücke wurde detaillierter erfaßt: Die Messungen wurden in Schritte von je 3o° Gelenkstellung bis zur maximalen Streckung im Kniegelenk vorgenommen. Dieses Vorgehen erwies sich hier als sinnvoll, weil einmal am Kniegelenk eine Winkelmessung recht gut durchführbar ist, und zum anderen die Bewegung im Kniegelenk den deutlichsten Einfluß auf die Nervenlücke hatte. Die Winkelmessung am Kniegelenk erfolgte mit einem orthopädischen Winkelmesser, der vom Helfer an Malleolus lateralis und Troch.tertius angelegt und mit dem Kniegelenksdrehpunkt in Deckung gebracht wurde.

Am Ellbogengelenk, wo ein entsprechendes Vorgehen von den Gegebenheiten her schwieriger, aber ebenfalls möglich gewesen wäre, erwies sich die Lückengrößenzunahme der Nerven als zu gering.

Wie an der Oberextremität beginnt also die Meßreihe an der Unterextremität mit definitiven Gelenkstellungen (Pl - P3/ Hüftgelenk). Dann folgt P4, die Kniegelenksbewegung. Sie ist die Gliedmaßenbewegung mit der größten Auswirkung auf die Lückengrößen und sollte speziell untersucht werden. Deshalb wurde die Kniegelenksbewegung P 4 in mehrere Einzelpositionen P6o -Pmax.aufgeteilt: P6o bedeutet 6o° öffnung des Winkels Oberschenkel/Unterschenkel, entsprechend P9o, Pl2o, Pl5o.

Pmax. gibt die maximale Streckung der Unterextremität wieder, die für jede Unterextremität bei einem individuellen Winkelgrad erreicht ist. Bei P 5 schließlich tritt die Fußgelenkbewegung hinzu, so daß der Nerv seine größte Ausdehnung erfährt.

Die einzelnen aufeinander folgenden Meßschritte sind trotzdem als Steigerung der Nervenspannung zu verstehen: In P1 erfolgte Gelenkstellungen bleiben im weiteren bei P2, P3, P6o usw. bestehen, es sei denn, sie werden durch die Bewegung der zuletzt jeweils bewegten Extremitätenteile automatisch mitverändert.

Bei den anfänglichen Beinpositionen (P1-P3), bei denen sich das Kniegelenk noch in Entspannungsstellung befand und gebeugt war, war diese Beugung nicht maximal, da bei einem starken Aneinanderpressen der Unter- und Oberschenkel der Nerv durch aus der Wunde herausdrängendes Muskel- und Fettgewebe unter eine zusätzliche artifizielle Spannung gesetzt worden wäre. Diese Beugung betrug daher nur 45°, wie es den physiologischen Gegebenheiten entspricht.

Eine Ausnahme hiervon bildet die oben angegebene Rücknahme des Oberschenkels von maximaler Beugung auf Mittelstellung. Sie dient dazu, die Bewegung im Kniegelenk, welche ja detaillierter erfaßt werden sollte, zu ermöglichen. Dies führte zu einem Knick in der Lückengrößenzunahme, welche also artifiziell ist.

Die Messungen erfolgten an lebenden Tieren. Starb ein Kaninchen vor Abschluß der Messungen, was viermal vorkam, so wurden noch jene Werte mitaufgenommen, die bis eine Stunde nach Eintritt des Todes gemessen werden konnten.(Nach GERHARDT (19o9) bleibt der herausgeschnittene Ischiadicus ca.eine Stunde leistungsfähig bezüglich seiner Leitfähigkeit. Nach FORSTER und ROPOHL (1976) setzt die Totenstarre im Zeitraum von 3o Minuten bis 2-4 Stunden ein.)

9. Messung der Nervenlängen

Nach Abschluß der Retraktionsmessungen wurden die Tiere getötet (Nembutalüberdosis) und sodann ausgeblutet (Öffnung der A. carotis). Diese Ausblutung diente zur besseren Längenpräparation der Nerven, welche weitgehend mit Gefäßen zusammenverlaufen. Ein Einbluten während der Präparation wurde dadurch vermieden.

Die Nerven wurden von der Handgelenkslinie der Vorderextremität und vom Malleolus tibiae bzw. lateralis an der Hinterextremität bis zum Eintritt einer ihrer Wurzel (s.u.) aus dem Situs herauspräpariert, auf einer glatten Unterlage in isotonischer Kochsalzlösung in leicht gestreckter Position an ein Millimeterlineal angelegt und deren Länge gemessen.

Armnerven

Es wurde bei allen drei Nerven V7 als proximaler Endpunkt definiert und bis in das Foramen intervertebrale verfolgt. In 4 Messungen ergab sich, daß V8 im Mittel o,4 cm länger als V7 war. Beim Kaninchen entsteht der N.medianus mit zwei Wurzeln aus V7 und V8, der N.ulnaris zur Hauptsache aus V8 und N.radialis entsteht aus V5 - V8 (GEBHARDT 19o9, KRAUSE 1884).

Beinnerven

Der N.ischiadicus entsteht zur Hauptsache aus L7 und S1, erhält aber auch feinere Äste von L 6, S 2 und S 3. Der Peronaeusanteil entsteht dabei besonders aus L 7 (GEBHARD 19o9, KRAUSE 1884).
Am Bein wurde L 7 als proximaler Endpunkt definiert und bis ins Foramen intervertebrale verfolgt, in 15 Fällen jedoch zusätzlich auch S 1. Die Differenz betrug 1,21 cm im Mittel.

Als Nervenlängenwert für den N.ischiadicus, welcher distal ja aus den beiden zusammenverlaufenden Nn.peronaeus und tibialis besteht, wurde ein Mittelwert dieser beiden Nerven gebildet.

Den gemessenen Nervenlängen wurden die Durchschnittswerte der terminalen Strecken: Handgelenkslinienmitte - Metacarpale 3 (palmar) und Malleolus tibiae - Metacarpale 3 (dorsal) hinzuaddiert. Auf eine weitergehende Präparation der Nerven bis zur übrigen Endaufzweigung wurde verzichtet, da die sehr dünnen Nerven in ihrem Endverlauf zunehmend fest in Beindegewebe eingewachsen sind und damit ohne Einfluß auf die Retraktion höher gelegener Durchtrennungsstellen sein dürften.

Eine Ausnahme bildete der N.radialis. Bei ihm teilt sich der R.profundus etwa in der Unterarmmitte in mehrere kleine Äste und verliert sich in der von ihm innervierten Muskulatur. Er wurde bis zu dieser Aufteilung präpariert. Die gemessenen Werte wurden dann ohne Korrektur zur Berechnung benutzt.

Handgelenk - Metacarpale III

	3,4o cm		
	3,2o cm		
	2,7o cm		
	3,2o cm		
	3,1o cm		
	3,4o cm		
	3,2o cm		
	3,4o cm		
	2,8o cm		
	3,3o cm		
	2,9o cm		
Mittelwert: 3,14 cm	3,15 cm	Zweidrittelwert:	2,1o cm

Malleolus tibiae - Metacarpale III

7,3o cm
7,3o cm
6,9o cm
7,1o cm
7,1o cm
7,1o cm

Mittelwert: 7,13 cm 7,15 cm Zweidrittelwert: 4,75 cm
=======
=======

IV. Ergebnisse

1. Längen der herauspräparierten Nerven

nach Addition der Strecken, 2/3 Handgelenkslinie - Metacarpale III an der Vorderextremität, bzw. Malleolus tibiae - Metacarpale III an der Hinterextremität in cm

* r = rechtsseitig
l = linksseitig

Geschl.	Nr.		Medianus	Ulnaris	Radialis	Peronaeus	Tibialis	Ischiadicus	Körpergewicht
m	1	r*	2o,2	22,9	12,9	28,85	28,75	28,8o	5.2oo g
		l*	19,7	22,7	13,9	29,15	27,o5	28,1o	
w	2	r	23,o	24,6	15,2	31,95	29,95	3o,95	5.895 g
		l	23,8	24,o5	-	-	-	-	
w	3	r	23,3	23,5	14,4	29,55	29,35	29,45	4.42o g
		l	23,3	23,9	13,9	29,35	29,25	29,3o	
w	4	r	24,5	24,5	15,6	31,45	3o,95	31,2o	6.115 g
		l	24,6	25,o	15,7	3o,45	31,25	3o,85	
w	5	r	21,2	21,7	13,6	29,55	27,65	28,6o	6.925 g
		l	22,4	21,5	14,3	29,65	28,75	29,2o	
m	6	r	23,2	21,5	13,o	3o,25	3o,o5	3o,15	5.2oo g
		l	22,2	23,7	13,1	29,9o	28,35	29,13	
w	7	r	22,2	23,8	-	32,35	29,75	31,o5	6.6o5 g
		l	22,2	24,1	14,1	32,45	3o,45	31,45	
w	8	r	2o,5	22,2	13,o	29,85	28,65	29,25	4.77o g
		l	21,3	22,9	13,o	3o,85	29,75	3o,3o	
w	9	r	21,o	22,1	13,1	3o,65	28,75	29,7o	5.o55 g
		l	21,7	22,8	12,8	3o,35	28,25	29,3o	
m	1o	r	23,2	24,5	15,2	32,25	31,25	31,75	6.44o g
		l	23,6	24,9	15,3	31,55	31,15	31,35	
w	11	r	2o,3	22,45	-	3o,45	29,85	3o,15	5.51o g
		l	17,7	21,5	-	29,85	29,45	29,65	
m	12	r	19,o	19,4	-	25,35	24,95	25,15	3.995 g
		l	18,4	19,1	-	-	-	-	
m	13	r	22,4	23,2	-	3o,o5	29,95	3o,oo	6.425 g
		l	23,6	22,8	-	31,45	3o,65	31,o5	
m	14	r	22,5	23,9	-	3o,65	29,15	29,9o	5.574 g
		l	23,1	24,o	-	3o,15	29,55	29,85	

Geschl.	Nr.		Medianus	Ulnaris	Radialis	Peronaeus	Tibialis	Ischiadicus	Körpergewicht
w	15	r	2o,6	22,4	-	29,55	28,45	29,oo	5.145 g
		l	19,5	22,5	-	29,25	28,95	29,1o	
m	16	r	21,2	22,9	-	29,65	29,45	29,55	5.325 g
		l	21,5	23,8	-	27,45	29,45	28,45	
m	17	r	2o,7	21,6	-	29,75	28,o5	28,9o	5.52o g
		l	21,o	-	-	28,85	27,95	28,4o	
m	18	r	25,8	26,9	-	33,15	31,55	32,35	7.7oo g
		l	25,9	26,8	-	33,o5	31,65	32,35	
w	19	r	23,3	24,o	-	33,15	31,65	32,4o	6.59o g
		l	21,8	21,6	-	31,65	3o,95	31,3o	
w	2o	r	23,2	25,o	-	31,35	3o,95	31,15	7.15o g
		l	23,1	25,5	-	31,25	3o,65	3o,95	
m	21	r	23,3	24,2	-	29,o5	28,55	28,8o	5.5oo g
		l	23,o	24,2	-	3o,55	28,65	29,6o	
m	22	r	24,6	23,9	-	3o,65	31,95	31,3o	6.ooo g
		l	22,9	23,8	-	3o,75	32,25	31,5o	
w	23	r	22,1	23,3	-	29,65	28,45	29,o5	5.o5o g
		l	22,2	23,5	-	29,45	28,15	28,8o	
m	24	r	2o,6	22,5	13,6	3o,35	29,95	3o,15	5.775 g
		l	21,2	22,5	13,2	29,55	29,75	29,65	
m	25	r	22,6	22,7	13,8	28,55	27,35	27,95	5,75o g
		l	21,6	23,1	14,5	29,35	27,75	28,55	
m	26	r	22,o	23,9	12,8	28,65	28,25	28,45	6.25o g
		l	21,8	23,1	13,o	29,55	29,o5	29,3o	
m	27	r	21,5	23,3	13,1	31,15	29,35	3o,25	5.9oo g
		l	22,5	23,2	17,6	3o,85	28,65	29,25	
m	28	r	23,2	23,1	14,o	3o,45	28,85	29,65	5.825 g
		l	23,3	23,6	14,o	29,95	29,o5	29,5o	
m	29	r	22,2	24,4	13,5	29,o5	-	-	6.375 g
		l	22,6	23,5	13,1	29,15	27,15	28,15	
m	3o	r	22,o	23,2	13,2	3o,45	-	-	6.3oo g
		l	22,4	23,4	13,6	31,15	-	-	
m	31	r	21,9	22,4	13,2	28,15	-	-	5.995 g
		l	23,3	-	-	29,35	-	-	
Median:			22,2o	23,3o	13,6o	3o,1o	29,35	29,65	5.825,oo
Mittelwert:			22,17	23,28	13,89	3o,2o	29,38	29,81	5.815,45
Varianz:			2,46	1,87	1,16	1,9o	2,o1	1,76	6255o6,99
Standardabw.:			1,57	1,37	1,o8	1,38	1,42	1,33	79o,89

2. Plexus brachialis

Der Plexus brachialis hatte eine schwierige Präparation: Seine Meßstellen befanden sich 1 cm nach Austritt aus dem Foramen intervertebrale. Dabei mußten die Nervenwurzeln weitgehend aus ihrer festen Bindegewebseinwachsung herauspräpariert werden, was die Retraktion wohl begünstigte. Bei der Plexusfreilegung folgte man dem Verlauf des Oberarmnerven proximalwärts; die Pectorales-Muskelgruppe mußte durchtrennt werden.

Die Retraktionslücken wurden in den beiden Extremstellungen der Obergliedmaße gemessen:

1. Arm adduziert, im Ellbogen gebeugt, Hand palmar gebeugt;
2. Arm abduziert, im Ellbogen gestreckt, Hand dorsal gebeugt.

Ergebnisse

V 5 lfd.Nr.	Nervenlänge	P1 absolut	%	P2 absolut	%
2/9 r	23,65 cm	1,4o cm	5,92	2,1o cm	8,88
l	21,7o cm	-	-	-	-
2/8 r	26,35 cm	o,2o cm	o,76	2,5o cm	o,95
l	26,35 cm	-	-	-	-
Mittelwert	24,51 cm	o,8o cm	3,34	2,3o cm	4,92
Standardabweichung		o,85 cm	3,65	o,28 cm	5,61

V 6 lfd.Nr.	Nervenlänge	P1 absolut	%	P2 absolut	%
2/9 r	23,65 cm	o,55 cm	2,33	o,9o cm	3,81
l	21,7o cm	o,4o cm	1,84	1,oo cm	4,61
2/8 r	26,35 cm	o,2o cm	o,76	o,5o cm	1,9o
l	26,35 cm	-	-	-	-
Mittelwert	24,51 cm	o,38 cm	1,64	o,8o cm	3,44
Standardabweichung		o,18 cm	o,8o	o,26 cm	1,39

V 7 lfd.Nr.	Nervenlänge	P1 absolut	%	P2 absolut	%
2/9 r	23,65 cm	o,4o cm	1,69	o,6o cm	2,54
l	21,7o cm	o,2o cm	o,92	o,9o cm	4,15
2/8 r	26,35 cm	o,4o cm	1,52	o,4o cm	1,52
l	26,35 cm	o,3o cm	1,14	o,4o cm	1,52
Mittelwert	24,51 cm	o,33 cm	1,32	o,58 cm	2,43
Standardabweichung		1,1o cm	o,35	o,24 cm	1,24

V 8 lfd.Nr.	Nervenlänge	P1 absolut	%	P2 absolut	%
2/9 r	23,65 cm	o,5o cm	2,11	o,9o cm	3,81
l	21,7o cm	o,3o cm	1,38	1,oo cm	4,61
2/8 r	26,35 cm	o,5o cm	1,9o	o,7o cm	2,66
l	26,35 cm	o,55 cm	2,o9	o,75 cm	2,85
Mittelwert	24,51 cm	o,46 cm	1,87	o,84 cm	3,48
Standardabweichung		o,11 cm	o,34	o,14 cm	o,9o

Als dem Plexus brachialis zugehörige Nervenlänge wurde für die Berechnung der prozentualen Retraktionslücken jeweils der Mittelwert der korrigierten Armnerven Medianus und Ulnaris verwandt.

3. N.medianus

1. Durchtrennungsort:
Grenze mittleres/unteres Oberarmdrittel.

Der Nerv verläuft hier recht oberflächennah zwischen Bizepsrand und Arteria brachialis. Die Muskelgruppe der Mm.pectorales transversus, ascendens und descendens braucht nicht durchtrennt zu werden, es genügt, sie etwas einzuschneiden; dies mindert den Blutverlust. Dies gilt auch für die Ulnarisposition in gleicher Höhe.

lfd. Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
1 r	2o,2 cm	-	o,25	o,65	-
l	19,7 cm	-	o,4o	o,85	-
2 r	23,o cm	o,2o ü	o,1o	o,5o	o,5o
l	23,8 cm	o,2o ü	o,2o ü	o,3o	o,5o
3 r	23,3 cm	o,25 ü	o,1o ü	o,3o	o,4o
l	23,3 cm	o,1o ü	o,15	o,3o	o,45
4 r	24,5 cm	o,1o ü	o,1o	o,4o	o,45
l	24,6 cm	o,2o	o,4o	o,55	o,6o
5 r	21,2 cm	o,4o ü	o,35 ü	o,45	o,6o
l	22,4 cm	o,3o ü	o,15 ü	o,45	o,7o
6 r	23,2 cm	o,15 ü	o,oo	o,5o	o,65
l	22,2 cm	o,25 ü	o,2o ü	o,35	o,6o
7 r	22,2 cm	o,2o ü	o,1o ü	o,6o	o,65
l	22,2 cm	o,1o ü	o,oo	o,45	o,55
8 r	2o,5 cm	o,15 ü	o,o5 ü	o,55	o,6o
l	21,3 cm	o,25 ü	o,15 ü	o,55	o,6o
9 r	21,o cm	o,1o	o,2o	o,5o	o,55
l	21,7 cm	o,o5 ü	o,o5 ü	o,55	o,55
1o r	23,2 cm	o,15 ü	o,1o	o,5o	o,6o
l	23,6 cm	o,1o ü	o,o5 ü	o,55	o,6o
Median	22,3o cm	o,15 ü	o,o3 ü	o,5o	o,6o
Mittelwert	22,35 cm	o,15 ü	o,o2	o,49	o,56
Varianz	1,938	o,o2	o,o4	o,o2	o,o1
Standartabw.	1,392 cm	o,14	o,2o	o,13	o,o8

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nervenlänge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
1 r	2o,2 cm	-	1,24	3,22	-
l	19,7 cm	-	2,o3	4,32	-
2 r	23,o cm	o,87 ü	o,44	2,17	2,17
l	23,8 cm	o,84 ü	o,84 ü	1,26	2,1o
3 r	23,3 cm	1,o7 ü	o,43 ü	1,29	1,72
l	23,3 cm	o,43 ü	o,64	1,29	1,93
4 r	24,5 cm	o,41 ü	o,41	1,63	1,84
l	24,6 cm	o,81	1,63	2,24	2,44
5 r	21,2 cm	1,89 ü	1,65 ü	2,12	2,83
l	22,4 cm	1,34 ü	o,67 ü	2,o1	3,13
6 r	23,2 cm	o,65 ü	o,oo	2,16	2,8o
l	22,2 cm	1,13 ü	o,9o ü	1,58	2,7o
7 r	22,2 cm	o,9o ü	o,45 ü	2,7o	2,93
l	22,2 cm	o,45 ü	o,oo	2,o3	2,48
8 r	2o,5 cm	o,73 ü	o,24 ü	2,68	2,93
l	21,3 cm	1,17 ü	o,7o ü	2,58	2,82
9 r	21,o cm	o,48	o,95	2,38	2,62
l	21,7 cm	o,23 ü	o,23 ü	2,54	2,54
1o r	23,2 cm	o,65 ü	o,43	2,16	2,59
l	23,6 cm	o,42 ü	o,21 ü	2,33	2,54
Median		o,69 ü	o,11 ü	2,17	2,57
Mittelwert		o,66 ü	o,o7	2,24	2,51
Varianz		o,39	o,83	o,51	o,16
Standardabw.		o,62	o,91	o,71	o,4o

2. Durchtrennungsort:
Grenze mittleres/unteres Unterarmdrittel - Arteria mediana unversehrt.

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
2o r	23,2 cm	o,1o	o,2o	o,3o	o,3o
l	23,1 cm	o,15	o,2o	o,35	o,4o
22 r	24,6 cm	o,2o	o,15	o,25	o,25
l	22,9 cm	o,15	o,2o	o,35	o,35
24 r	2o,6 cm	o,15	o,15	o,2o	o,25
l	21,2 cm	o,15	o,15	o,25	o,3o
25 r	22,6 cm	o,15	o,15	o,3o	o,3o
l	21,6 cm	o,2o	o,25	o,3o	o,35
26 r	22,o cm	o,1o	o,o5	o,25	o,25
l	21,8 cm	o,15	o,2o	o,3o	o,3o
27 r	21,5 cm	o,15	o,15	o,4o	o,4o
l	22,5 cm	o,15	o,15	o,2o	o,3o
28 r	23,1 cm	o,15	o,15	o,25	o,3o
l	23,3 cm	o,1o	o,15	o,2o	o,2o
Median	22,55cm	o,15	o,15	o,28	o,3o
Mittelwert	22,43cm	o,15	o,16	o,28	o,3o
Varianz	1,o9	o,oo1	o,oo2	o,oo4	o,oo3
Standart-abw.	1,o5 cm	o,o3	o,o5	o,o6	o,o6

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
2o r	23,2 cm	o,43	o,86	1,29	1,29
l	23,1 cm	o,65	o,87	1,52	1,73
22 r	24,6 cm	o,81	o,61	1,o2	1,o2
l	22,9 cm	o,66	o,87	1,53	1,53
24 r	2o,6 cm	o,73	o,73	o,97	1,21
l	21,2 cm	o,71	o,71	1,18	1,42
25 r	22,6 cm	o,66	o,66	1,33	1,33
l	21,6 cm	o,93	1,16	1,39	1,62
26 r	22,o cm	o,46	o,23	1,14	1,14
l	21,8 cm	o,69	o,92	1,38	1,38
27 r	21,5 cm	o,7o	o,7o	1,86	1,86
l	22,5 cm	o,67	o,67	o,89	1,33
28 r	23,1 cm	o,65	o,65	1,o8	1,3o
l	23,3 cm	o,43	o,64	o,86	o,86
Median		o,67	o,71	1,24	1,33
Mittelwert		o,66	o,73	1,25	1,36
Varianz		o,o2	o,o4	o,o8	o,o7
Standartabw.		o,14	o,21	o,28	o,27

3. Durchtrennungsort:
Grenze mittleres/unteres Unterarmdrittel - Arteria mediana mitdurchtrennt.

Die Verletzungshäufigkeit des Nerven nimmt distalwärts zu; diese Stelle liegt noch kurz vor der 1.Aufteilung des Nerven. Dieser verläuft hier besonders stark mit der Arteria mediana verbunden. Er wurde von dieser wie oben angeführt isoliert, unterbunden und dann mitdurchtrennt (Nerv- und Arterienverletzungen finden sich hier häufig kombiniert, z.B. bei Suicidversuchen und anderen Schnittverletzungen).

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
11 r	2o,3 cm	o,4o	o,5o	o,65	o,7o
l	17,7 cm	o,3o	o,35	o,45	o,5o
12 r	19,o cm	o,25	o,25	o,5o	o,55
l	18,4 cm	o,4o	o,5o	o,6o	o,65
13 r	22,4 cm	o,15	o,2o	o,45	o,5o
l	23,6 cm	o,2o	o,25	o,45	o,6o
14 r	22,5 cm	o,15	o,2o	o,35	o,45
l	23,1 cm	o,15	o,1o	o,3o	o,35
15 r	2o,6 cm	o,1o	o,2o	o,4o	o,45
l	19,5 cm	o,1o	o,2o	o,4o	o,4o
16 r	21,2 cm	o,35	o,45	o,5o	o,55
l	21,5 cm	o,25	o,3o	o,6o	o,6o
17 r	2o,7 cm	o,15	o,2o	o,3o	o,4o
l	21,o cm	o,25	o,3o	o,4o	o,4o
31 l	23,3 cm	o,3o	o,3o	o,4o	o,4o
Median	21,oocm	o,25	o,25	o,45	o,5o
Mittelwert	2o,99cm	o,23	o,29	o,45	o,5o
Varianz	3,26	o,o1	o,o1	o,o1	o,o1
Standart-abw.	1,81 cm	o,1o	o,12	o,11	o,11

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
11 r	2o,3 cm	1,97	2,46	3,2o	3,45
1	17,7 cm	1,7o	1,98	2,54	2,83
12 r	19,o cm	1,32	1,32	2,63	2,9o
1	18,4 cm	2,17	2,72	3,26	3,53
13 r	22,4 cm	o,67	o,89	2,o1	2,23
1	23,6 cm	o,85	1,o6	1,91	2,54
14 r	22,5 cm	o,67	o,89	1,56	2,oo
1	23,1 cm	o,65	o,43	1,3o	1,52
15 r	2o,6 cm	o,49	o,97	1,94	2,18
1	19,5 cm	o,51	1,o3	2,o5	2,o5
16 r	21,2 cm	1,65	2,12	2,36	2,59
1	21,5 cm	1,16	1,4o	2,79	2,79
17 r	2o,7 cm	o,73	o,97	1,45	1,93
1	21,o cm	1,19	1,43	1,91	1,91
31 1	23,3 cm	1,29	1,29	1,72	1,72
Median		1,16	1,29	2,o1	2,23
Mittelwert		1,14	1,4o	2,18	2,41
Varianz		o,3o	o,42	o,36	o,36
Standartabw.		o,54	o,65	o,6o	o,6o

4. Durchtrennungsort:
Handgelenkslinie

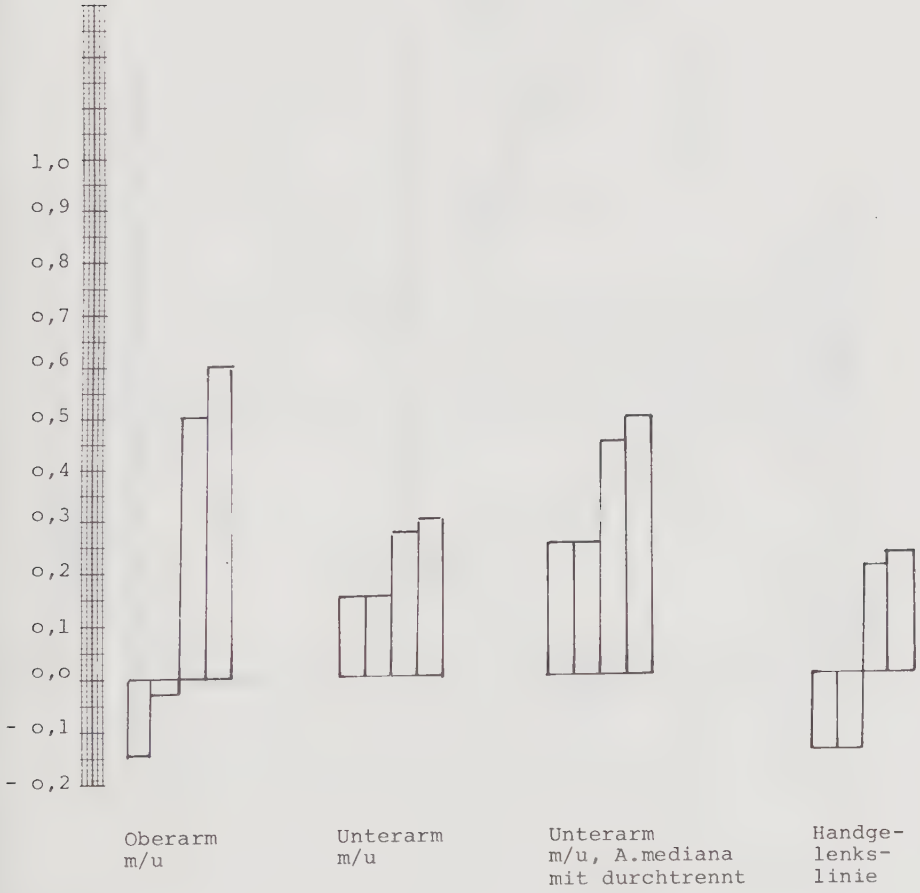
Die Präparation an der Handgelenkslinie war schwierig; die Darstellung erfolgte von proximal in Höhe mittleres/unteres Unterarmdrittel nach distal zu. Durchtrennt wurde der lateral gelegene der beiden Medianusäste.

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
17 r	2o,7 cm	o,15 ü	-	o,2o	o,2o
21 r	23,3 cm	o,15 ü	o,15 ü	o,15	o,2o
l	23,o cm	o,15 ü	o,15 ü	o,1o	o,15
23 r	22,1 cm	o,3o ü	o,35 ü	o,2o	o,35
l	22,2 cm	o,2o ü	o,15 ü	o,3o	o,35
29 r	22,2 cm	o,25 ü	o,25 ü	o,2o	o,25
l	22,6 cm	o,1o ü	o,o5 ü	o,2o	o,25
3o r	22,o cm	o,1o ü	o,1o ü	o,15	o,15
l	22,4 cm	o,2o ü	o,2o ü	o,2o	o,3o
31 r	21,9 cm	o,o5	o,1o	o,2o	o,2o
Median	22,2o cm	o,15 ü	o,15 ü	o,2o	o,23
Mittelwert	22,24 cm	o,16 ü	o,14 ü	o,19	o,24
Varianz	o,492	o,o1	o,o2	o,oo	o,o1
Standart-abw.	o,7o1 cm	o,1o	o,13	o,o5	o,o7

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

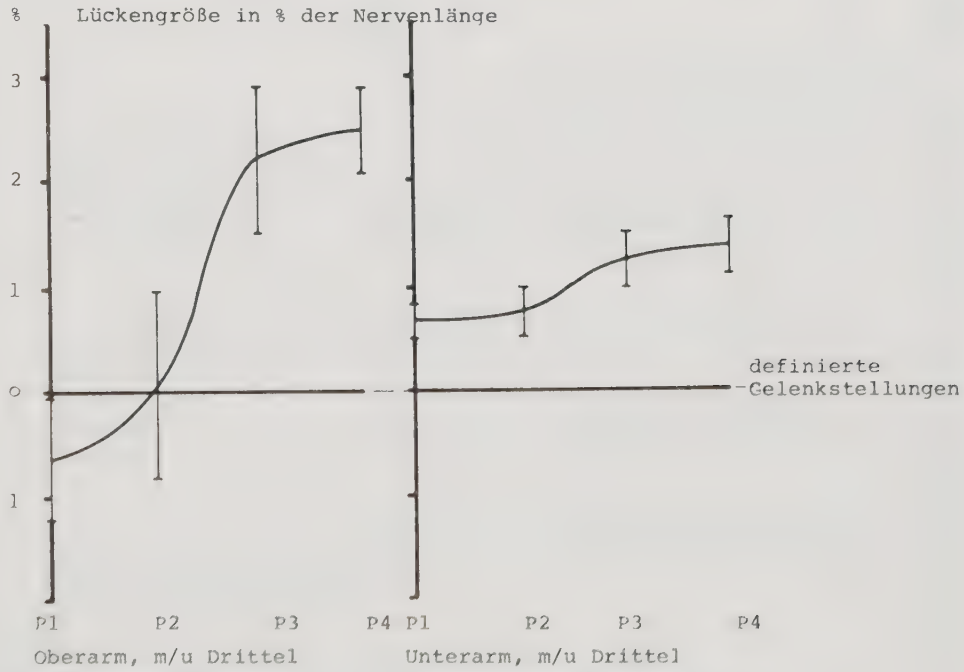
lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
17 r	2o,7 cm	o,72 ü	-	o,97	o,97
21 r	23,3 cm	o,64 ü	o,64 ü	o,64	o,86
l	23,o cm	o,65 ü	o,65 ü	o,44	o,65
23 r	22,1 cm	1,36 ü	1,58 ü	o,91	1,58
l	22,2 cm	o,9o ü	o,68 ü	1,35	1,58
29 r	22,2 cm	1,13 ü	1,13 ü	o,9o	1,13
l	22,6 cm	o,44 ü	o,22 ü	o,89	1,11
3o r	22,o cm	o,46 ü	o,46 ü	o,68	o,68
l	22,4 cm	o,89 ü	o,89 ü	o,89	1,34
31 r	21,9 cm	o,23	o,46	o,91	o,91
Median		o,69 ü	o,65 ü	o,9o	1,o4
Mittelwert		o,7o ü	o,64 ü	o,86	1,o8
Varianz		o,19	o,33	o,o6	o,11
Standartabw.		o,43	o,57	o,24	o,33

Die Mediane der Meßwerte für die vier verschiedenen Durchtrennungspunkte, aufgetragen als Stabdiagramm im Verhältnis lo : l in cm:



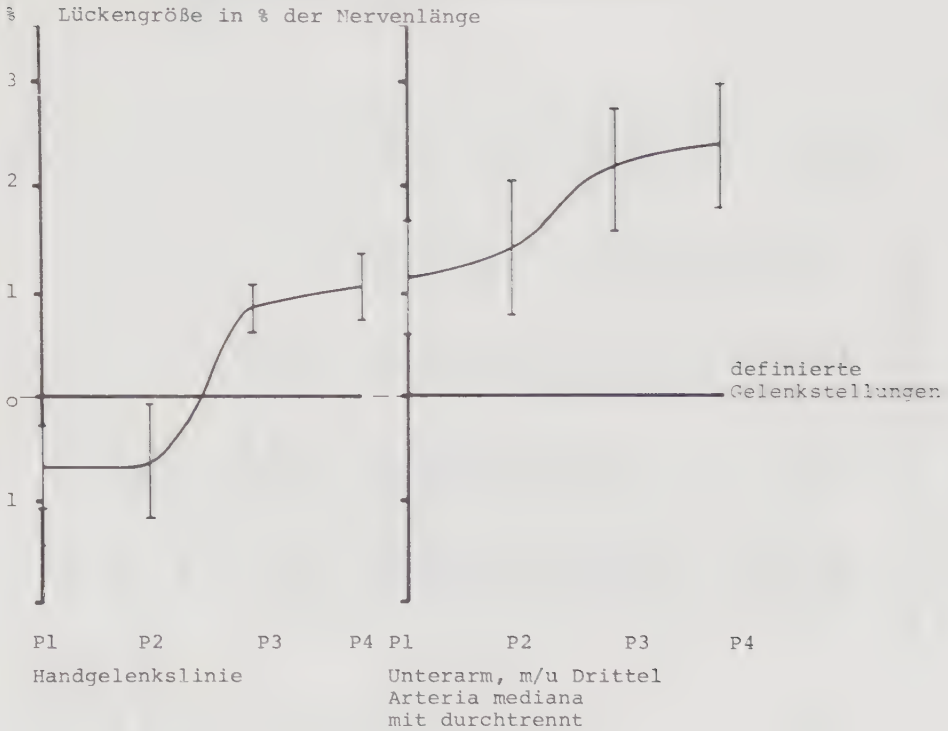
N.medianus

Mittelwerte und Standardabweichungen



N.medianus

Mittelwerte und Standardabweichungen



4. N.ulnaris

1. Durchtrennungsort:
   Grenze mittleres/unteres Oberarmdrittel.

lfd.Nr.	Nervenlänge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
1 r	22,9o cm	-	o,2o	o,7o	-
l	22,7o cm	-	o,25	o,6o	-
2 r	24,6o cm	o,2o	o,3o	o,6o	o,75
l	24,o5 cm	o,1o ü	o,1o	o,35	o,35
3 r	23,5o cm	o,oo	o,25	o,4o	o,55
l	23,9o cm	o,1o	o,35	o,5o	o,8o
4 r	24,5o cm	o,25	o,5o	o,85	o,85
l	25,oo cm	o,4o	o,6o	o,8o	o,95
5 r	21,7o cm	o,4o	o,45	o,6o	o,75
l	21,5o cm	o,2o	o,3o	o,5o	o,6o
6 r	21,5o cm	o,2o	o,35	o,65	o,75
l	23,7o cm	o,35	o,45	o,8o	o,9o
7 r	23,8o cm	o,25	o,25	o,75	o,75
l	24,1o cm	o,2o	o,4o	o,75	o,85
8 r	22,2o cm	o,1o	o,25	o,5o	o,6o
l	22,9o cm	o,2o	o,3o	o,7o	o,7o
9 r	22,1o cm	o,15	o,4o	o,5o	o,75
l	22,8o cm	o,25	o,55	o,6o	o,65
1o r	24,5o cm	o,35	o,35	1,oo	1,1o
l	24,9o cm	o,1o	o,15	o,6o	o,5o
Median	23,6o cm	o,2o	o,33	o,6o	o,75
Mittelwert	23,34 cm	o,2o	o,34	o,64	o,73
Varianz	1,296	o,o2	o,o2	o,o3	o,o3
Standartabw.	1,14 cm	o,13	o,13	o,16	o,18

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
1 r	22,9o cm	-	o,87	3,o6	-
l	22,7o cm	-	1,1o	2,64	-
2 r	24,6o cm	o,81	1,22	2,44	3,o5
l	24,o5 cm	o,42 ü	o,42	1,46	1,46
3 r	23,5o cm	o,oo	1,o6	1,7o	2,34
l	23,9o cm	o,42	1,46	2,o9	3,35
4 r	24,5o cm	1,o2	2,o4	3,47	3,47
l	25,oo cm	1,6o	2,4o	3,2o	3,8o
5 r	21,7o cm	1,84	2,o7	2,77	3,46
l	21,5o cm	o,93	1,4o	2,33	2,79
6 r	21,5o cm	o,93	1,63	3,o2	3,49
l	23,7o cm	1,48	1,9o	3,38	3,8o
7 r	23,8o cm	1,o5	1,o5	3,15	3,15
l	24,1o cm	o,83	1,66	3,11	3,53
8 r	22,2o cm	o,45	1,13	2,25	2,7o
l	22,9o cm	o,87	1,31	3,o6	3,o6
9 r	22,1o cm	o,68	1,81	2,26	3,39
l	22,8o cm	1,1o	2,41	2,63	2,85
1o r	24,5o cm	1,43	1,43	4,o8	4,49
l	24,9o cm	o,4o	o,6o	2,41	2,o1
Median		o,9o	1,42	2,71	3,25
Mittelwert		o,86	1,45	2,73	3,12
Varianz		o,31	o,3o	o,4o	o,5o
Standardabw.		o,56	o,55	o,63	o,7o

2. Durchtrennungsort:
Distaler Oberarm o,5 cm vor Eintritt in den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus minimus.

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
2o r	25,o cm	o,2o	o,25	o,4o	o,4o
l	25,5 cm	o,1o	o,15	o,35	o,35
23 r	23,3 cm	o,35	o,5o	o,45	o,55
28 r	23,1 cm	o,15	o,15	o,2o	o,35
l	23,6 cm	o,oo	o,3o	o,35	o,4o
29 r	24,4 cm	o,2o	o,25	o,3o	o,3o
l	23,5 cm	o,2o	o,2o	o,35	o,4o
3o r	23,2 cm	o,oo	o,o5	o,2o	o,25
l	23,4 cm	o,o5 ü	o,1o	o,2o	o,2o
31 r	22,4 cm	o,1o	o,2o	o,25	o,3o
Median	23,45 cm	o,13	o,2o	o,33	o,35
Mittelwert	23,74 cm	o,13	o,22	o,31	o,35
Varianz	o,889	o,o2	o,o2	o,o1	o,o1
Standard-abw.	o,94 cm	o,12	o,13	o,o9	o,o9

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
2o r	25,o cm	o,8o	1,oo	1,6o	1,6o
l	25,5 cm	o,39	o,59	1,37	1,37
23 r	23,3 cm	1,5o	2,15	1,93	2,15
28 r	23,1 cm	o,65	o,65	o,87	1,52
l	23,6 cm	o,oo	1,27	1,48	1,7o
29 r	24,4 cm	o,82	1,o3	1,23	1,23
l	23,5 cm	o,85	o,85	1,49	1,7o
3o r	23,2 cm	o,oo	o,22	o,86	1,o8
l	23,4 cm	o,21 ü	o,43	o,86	o,86
31 r	22,4 cm	o,45	o,89	1,12	1,34
Median		o,55	o,87	1,3o	1,45
Mittelwert		o,53	o,91	1,28	1,46
Varianz		o,26	o,29	1,13	o,13
Standadrabw.		o,51	o,53	o,36	o,36

3. Durchtrennungsort:
Ellenbeuge in Höhe der Olecranonspitze im Verlauf durch den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus minimus.

Stark fixierter Verlauf durch eine anatomische Enge. Der Nervenkanal wurde von proximal her geöffnet. Verschiedentlich erschwerten starke Blutungen aus begleitenden Gefäßen die Messung an dieser Stelle.

lfd.Nr.	Nervenlänge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
11 r	22,45 cm	o,1o	o,1o	o,2o	o,2o
1	21,5o cm	o,1o	o,15	o,15 ü	o,15 ü
12 r	19,4o cm	o,2o	o,25	o,15	o,15
1	19,1o cm	o,1o	o,1o	o,1o	o,oo
13 r	23,2o cm	o,2o	o,2o	o,2o	o,2o
1	22,8o cm	o,15	o,25	o,15	o,2o
14 r	23,9o cm	o,25	o,3o	o,3o	o,4o
1	24,oo cm	o,2o	o,2o	o,3o	o,3o
15 r	22,4o cm	o,15	o,1o	o,o5 ü	o,o5
1	22,5o cm	o,oo	o,1o	o,oo	o,oo
16 r	22,9o cm	o,1o	o,2o	o,1o	o,15
1	23,8o cm	o,1o	o,15	o,15	o,2o
26 1	23,1o cm	o,1o	o,15	o,25	o,3o
27 r	23,3o cm	o,1o	o,1o	o,oo	o,1o
1	23,2o cm	o,1o	o,15	o,1o	o,1o
Median	22,9o cm	o,1o	o,15	o,15	o,15
Mittelwert	22,5o cm	o,13	o,17	o,12	o,15
Varianz	2,165	o,oo	o,oo	o,o2	o,o2
Standard-abw.	1,471 cm	o,o6	o,o7	o,13	o,14

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
11 r	22,45 cm	o,45	o,45	o,89	o,89
1	21,5o cm	o,47	o,7o	o,7o ü	o,7o ü
12 r	19,4o cm	1,o3	1,29	o,77	o,77
1	19,1o cm	o,52	o,52	o,52	o,oo
13 r	23,2o cm	o,86	o,86	o,86	o,86
1	22,8o cm	o,66	1,1o	o,66	o,88
14 r	23,9o cm	1,o5	1,26	1,26	1,67
1	24,oo cm	o,83	o,83	1,25	1,25
15 r	22,4o cm	o,67	o,45	o,22 ü	o,22
1	22,5o cm	o,oo	o,44	o,oo	o,oo
16 r	22,9o cm	o,44	o,87	o,44	o,66
1	23,8o cm	o,42	o,63	o,63	o,84
26 1	23,1o cm	o,43	o,65	1,o8	1,3o
27 r	23,3o cm	o,43	o,43	o,oo	o,43
1	23,2o cm	o,43	o,65	o,43	o,43
Median		o,47	o,65	o,63	o,77
Mittelwert		o,58	o,74	o,53	o,63
Varianz		o,o8	o,o8	o,31	o,36
Standardabw.		o,28	o,29	o,56	o,6o

4. Durchtrennungsort:
Grenze mittleres/unteres Unterarmdrittel.

Aufsuchen des Nerven zwischen M.flexor carpi ulnaris und M.flexor digitorum profundus.

lfd.Nr.	Nervenlänge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
21 r	24,2 cm	o,1o	o,1o	o,3o	o,3o
l	24,2 cm	o,oo	o,oo	o,35	o,35
22 r	23,9 cm	o,o5 ü	o,1o	o,3o	o,4o
l	23,8 cm	o,1o	o,15	o,2o	o,3o
23 l	23,5 cm	o,1o	o,15	o,3o	o,35
24 r	22,5 cm	o,1o	o,15	o,2o	o,25
l	22,5 cm	o,oo	o,oo	o,25	o,3o
25 r	22,7 cm	o,1o	o,15	o,25	o,3o
l	23,1 cm	o,15	o,2o	o,4o	o,4o
26 r	23,9 cm	o,o5	o,1o	o,25	o,25
Median	23,65 cm	o,1o	o,13	o,28	o,3o
Mittelwert	23,43 cm	o,o7	o,11	o,28	o,32
Varianz	o,46o	o,o4	o,oo	o,oo	o,oo
Standard-abw.	o,678 cm	o,o6	o,o7	o,o6	o,o5

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
21 r	24,2 cm	o,41	o,41	1,24	1,24
l	24,2 cm	o,oo	o,oo	1,45	1,45
22 r	23,9 cm	o,21 ü	o,42	1,26	1,67
l	23,8 cm	o,42	o,63	o,84	1,26
23 l	23,5 cm	o,43	o,64	1,28	1,49
24 r	22,5 cm	o,44	o,67	o,89	1,11
l	22,5 cm	o,oo	o,oo	1,11	1,33
25 r	22,7 cm	o,44	o,66	1,1o	1,32
l	23,1 cm	o,65	o,87	1,73	1,73
26 r	23,9 cm	o,21	o,42	1,o5	1,o5
Median		o,42	o,53	1,18	1,33
Mittelwert		o,28	o,47	1,2o	1,37
Varianz		o,o7	o,o8	o,o7	o,o5
Standardabw.		o,27	o,29	o,26	o,22

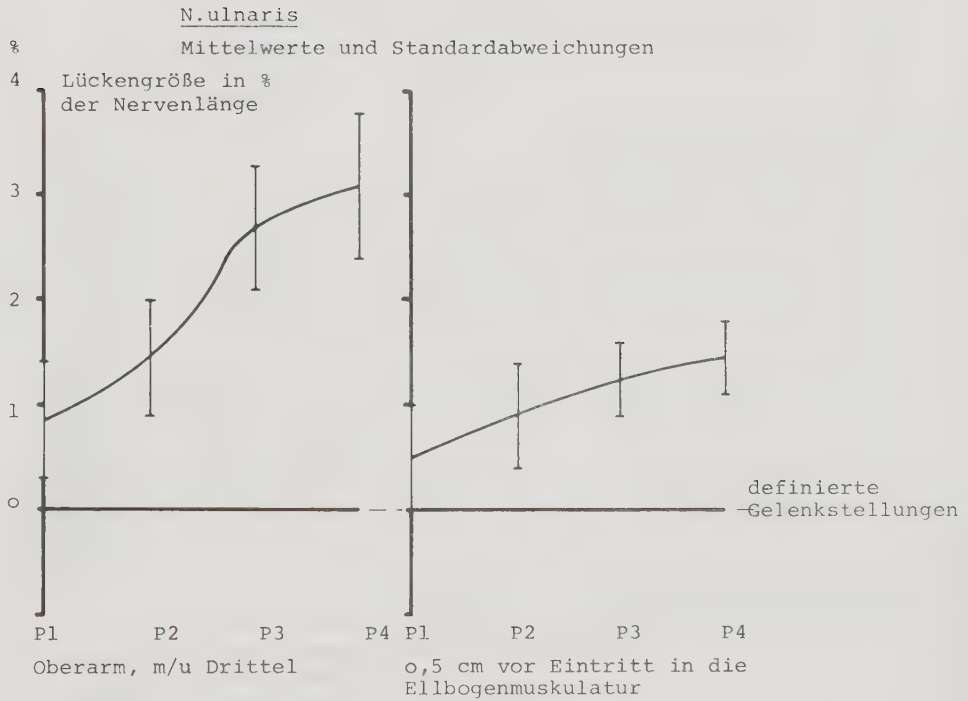
Die Mediane der Meßwerte für die vier verschiedenen Durchtrennungspunkte, aufgetragen als Stabdiagramm im Verhältnis lo : 1 in cm:

Oberarm m/u

Distaler Oberarm, o,5 cm vor Eintritt in den Kanal zwischen Olecranon und M. anconeus minimus

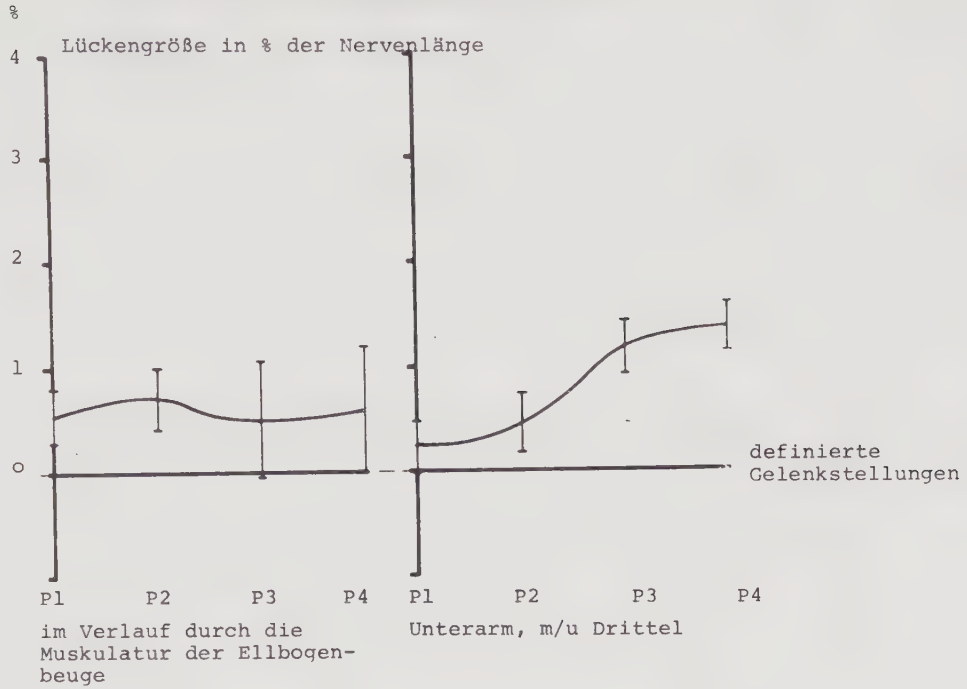
In Höhe der Olecranonspitze im Verlauf durch den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus min.

Unterarm m/u


N.ulnaris
Mittelwerte und Standardabweichungen
%
4
3
2
1
0
Lückengröße in %
der Nervenlänge
definierte
Gelenkstellungen
P1
P2
P3
P4
P1
P2
P3
P4
Oberarm, m/u Drittel
o,5 cm vor Eintritt in die
Ellbogenmuskulatur

N.ulnaris

Mittelwerte und Standardabweichungen



5. N.radialis

1. Durchtrennungsort:

Oberarm, im Durchtritt durch den M.triceps nach dorsal.

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm
1 r	12,9 cm	-	o,35	o,45	-
l	13,9 cm	-	o,25	o,5o	-
2 r	15,2 cm	o,2o	o,3o	o,45	o,6o
l	-	-	-	-	-
3 r	14,4 cm	o,o5	o,15	o,45	o,5o
l	13,9 cm	o,1o ü	o,oo	o,2o	o,3o
4 r	15,6 cm	o,35	o,45	o,6o	o,65
l	15,7 cm	o,o5 ü	o,o5 ü	o,2o	o,3o
5 r	13,6 cm	o,2o	o,25	o,4o	o,55
l	14,3 cm	o,2o ü	o,1o ü	o,2o	o,3o
6 r	13,o cm	o,15	o,2o	o,35	o,5o
l	13,1 cm	o,oo	o,15	o,35	o,55
7 r	-	-	-	-	-
l	14,1 cm	o,2o ü	o,oo	o,25	o,4o
8 r	13,o cm	o,1o	o,1o	o,4o	o,65
l	13,o cm	o,1o ü	o,oo	o,45	o,7o
9 r	13,1 cm	o,oo	o,15	o,4o	o,65
l	12,8 cm	o,1o	o,25	o,45	o,65
1o r	15,2 cm	o,3o	o,35	o,5o	o,6o
l	15,3 cm	o,2o	o,25	o,5o	o,65
25 r	13,8 cm	o,1o ü	o,1o ü	o,2o	o,25
l	14,5 cm	o,1o	o,1o	o,4o	o,35
Median	13,9 cm	o,o8	o,15	o,4o	o,5o
Mittelwert	14,o cm	o,o6	o,15	o,39	o,51
Varianz	o,948	o,o3	o,o3	o,o1	o,o2
Standardabw.	o,974 cm	o,16	o,16	o,12	o,15

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %
1 r	12,9 cm	-	2,71	3,49	-
l	13,9 cm	-	1,8o	3,6o	-
2 r	15,2 cm	1,32	1,97	2,96	3,95
l	-	-	-	-	-
3 r	14,4 cm	o,35	1,o4	3,13	3,47
l	13,9 cm	o,73 ü	o,oo	1,44	2,16
4 r	15,6 cm	2,24	2,89	3,85	4,17
l	15,7 cm	o,32 ü	o,32 ü	1,27	1,91
5 r	13,6 cm	1,47	1,84	2,94	4,o4
l	14,3 cm	1,4o ü	o,7o ü	1,4o	2,1o
6 r	13,o cm	1,15	1,54	2,69	3,85
l	13,1 cm	o,oo	1,15	2,67	4,2o
7 r	-	-	-	-	-
l	14,1 cm	1,42 ü	o,oo	1,77	2,84
8 r	13,o cm	o,77	o,77	3,o8	5,oo
l	13,o cm	o,77 ü	o,oo	3,46	5,39
9 r	13,1 cm	o,oo	1,15	3,o5	4,96
l	12,8 cm	o,78	1,95	3,52	5,o8
1o r	15,2 cm	1,97	2,3o	3,29	3,95
l	15,3 cm	1,31	1,63	3,27	4,25
25 r	13,8 cm	o,72 ü	o,73 ü	1,45	1,81
l	14,5 cm	o,69	o,69	2,76	2,41
Median		o,69	1,15	3,o1	3,95
Mittelwert		o,39	1,o8	2,76	3,64
Varianz		1,3o	1,2o	o,68	1,36
Standardabw.		1,14	1,o9	o,83	1,17

2. Durchtrennungsort:
Oberarm, o,5 cm nach Austritt aus dem M.triceps nach dorsal. Humerus frakturiert.

Während bei der vorhergehenden Lückenbestimmung des N.radialis im Durchtritt durch den M.triceps nach dorsal vorgenommen wurde, erfolgte diese Messung etwas tiefer, und zwar nach Austritt des Nerven aus dem Muskelkanal (o,5 cm unterhalb), da ansonsten das proximale Nervenende bei pathologischer Bewegung nach Frakturierung des Humerus nur schwer wieder auffindbar war. Das Meßschema hat also für diese Messung, abweichend von der vorhergehenden Lückenmessung des N.radialis, eine andere Bedeutung:

P 1. Oberarm dicht anliegend, Ellbogen maximal gebeugt, Hand dorsal

P 2. Oberarm maximale Anteversio, Ellbogen gestreckt, Hand palmar

Frakturierung des Humerus

P 3. Oberarm 9o° zum Körper, Ellbogen gestreckt, Hand gestreckt

p 4. Variabel bis zur Erreichung der maximal möglichen Retraktion

P 5. Oberarm 9o° zum Körper, Ellbogen gestreckt, Hand gestreckt

Der R.profundus des N.radialis wurde in Entspannungsstellung durchtrennt und gemessen (Pos.1). Ebenso wurde bei maximaler Spannungsstellung der Gliedmaße gemessen (Pos.2). Dann wurde auf der gegenüberliegenden medianen Knochenseite ein Stecheisen angesetzt und der Knochen bei 9o°-Stellung zum Körper durchschlagen. Es resultierten zumeist Trümmerbrüche. Das distale Frakturende wurde nun in alle Richtungen geschlenkert und danach die Retraktionslücke des N.radialis bei einer Oberarmposition zum Körper von 9o° gemessen (Pos.3). Anschließend wurden die aufgrund der pathologischen Beweglichkeit maximal möglichen Retraktionen festgestellt (Pos.4) und anschließend wieder wie zuvor gemessen (Pos.5), um zu sehen, wie weit sich der maximal retrahierte Nerv wieder ausdehnt.

lfd.Nr.	Nervenlänge	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.4 cm	Pos.5 cm
24 r	13,6 cm	o,1o	o,4o	-	o,45	-
1	13,2 cm	-	-	o,2o	o,4o	-
25 r	13,8 cm	o,1o ü	o,25	o,oo	o,3o	-
1	14,5 cm	o,1o	o,35	o,4o	o,6o	-
26 r	12,8 cm	o,oo	-	o,45	o,45	-
1	13,o cm	o,o5 ü	-	o,2o	o,75	o,4o
27 r	13,1 cm	o,1o	-	o,2o	o,4o	o,4o
1	17,6 cm	o,o5 ü	-	o,1o	o,2o	o,1o
28 r	14,o cm	o,o5	-	o,o5 ü	o,35	o,2o
1	14,o cm	o,1o ü	-	o,1o	o,25	o,15
29 r	13,5 cm	o,1o ü	o,2o	o,15	o,45	o,25
1	13,1 cm	o,o5	o,25	o,2o	o,4o	o,3o
3o r	13,2 cm	o,15 ü	o,3o	o,25	o,4o	o,2o
1	13,6 cm	o,o5 ü	o,25	o,4o	o,4o	o,3o
31 r	13,2 cm	o,15 ü	-	o,2o	o,3o	o,25
Median	13,5 cm	o,o5 ü	o,25	o,2o	o,4o	o,25
Mittelwert	13,75 cm	o,o3 ü	o,29	o,2o	o,41	o,26
Varianz	1,346	o,o1	o,oo	o,o2	o,o2	o,o1
Standardabw.	1,16 cm	o,o9	o,o7	o,14	o,14	o,1o

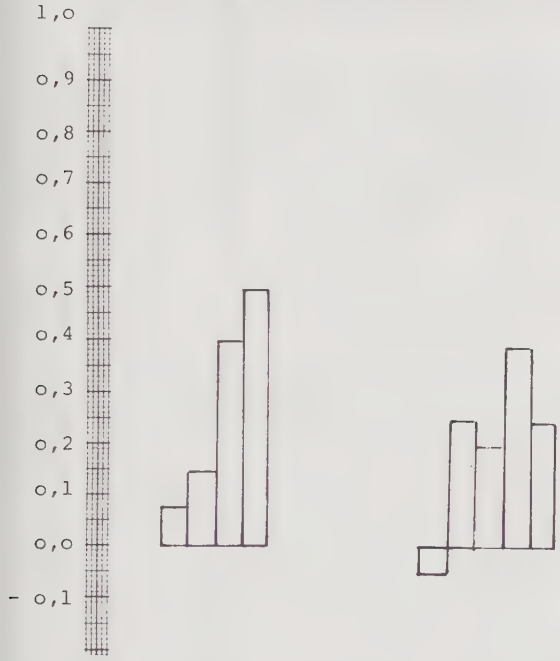
P 1 und P 2 entsprechen also P 1 und P 4 der vorhergehenden Radialis-Messung.

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd.Nr.	Nerven-länge	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.4 %	Pos.5 %
24 r	13,6 cm	o,74	2,94	-	3,31	-
l	13,2 cm	-	-	1,52	3,o3	-
25 r	13,8 cm	o,73 ü	1,81	o,oo	2,17	-
l	14,5 cm	o,69	2,41	2,76	4,14	-
26 r	12,8 cm	o,oo	-	3,52	3,52	-
l	13,o cm	o,39 ü	-	1,54	5,77	3,o8
27 r	13,1 cm	o,76	-	1,53	3,o5	3,o5
l	17,6 cm	o,28 ü	-	o,57	1,14	o,57
28 r	14,o cm	o,36	-	o,36 ü	2,5o	1,43
l	14,o cm	o,71 ü	-	o,71	1,79	1,o7
29 r	13,5 cm	o,74 ü	1,48	1,11	3,33	1,85
l	13,1 cm	o,38	1,91	1,53	3,o5	2,29
3o r	13,2 cm	1,14 ü	2,27	1,89	3,o3	1,52
l	13,6 cm	o,37 ü	1,84	2,94	2,94	2,21
31 r	13,2 cm	1,14 ü	-	1,52	2,27	1,89
Median		o,33 ü	1,91	1,53	3,o3	1,87
Mittelwert		o,18 ü	1,o9	1,48	3,oo	1,9o
Varianz		o,46	o,23	1,17	1,13	o,64
Standardabw.		o,68	o,48	1,o8	1,o6	o,8o

N.radialis

Die Mediane der Meßwerte für die beiden Durchtrennungspunkte, aufgetragen als Stabdiagramm im Verhältnis lo : 1 in cm:

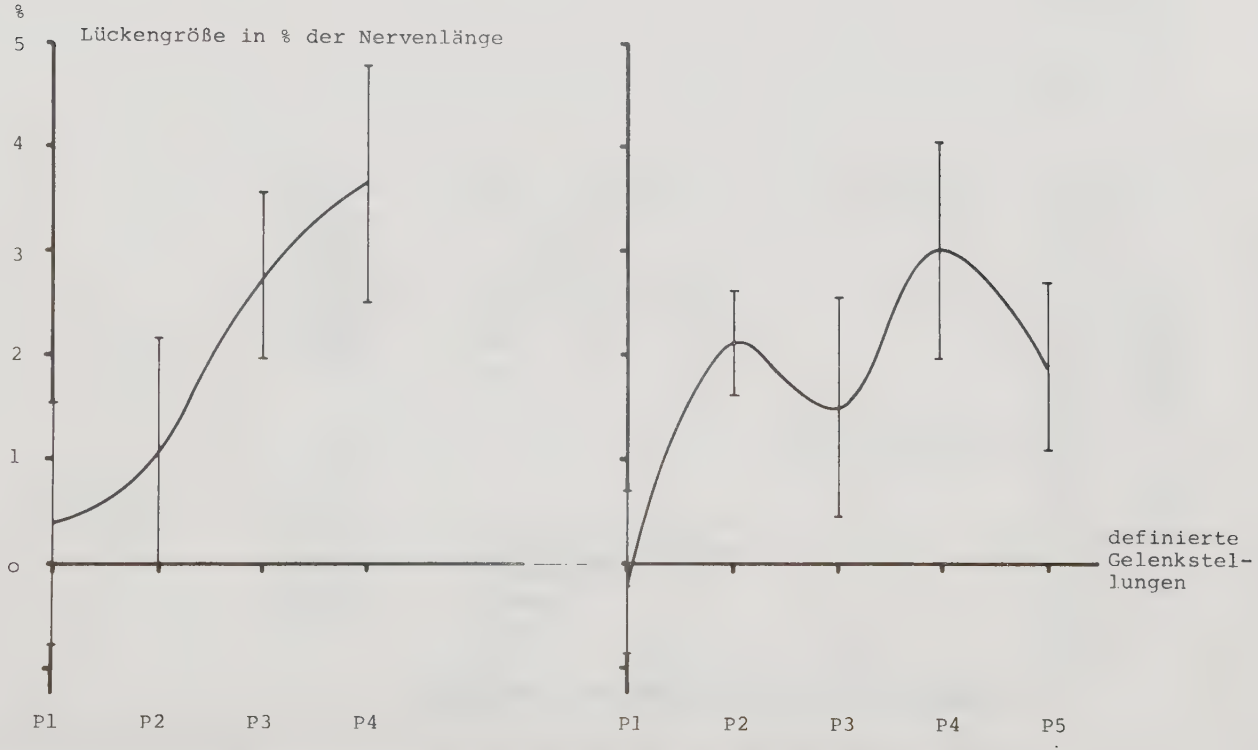


Oberarm, im Durchtritt durch den M.triceps nach dorsal

Oberarm, o,5 cm nach Austritt aus dem M.triceps, Humerus frakturiert

N.radialis

Mittelwerte und Standardabweichungen
- 1/2 Oberarmlänge, dorsal, nach Durchtritt durch den M.triceps -



6. N. ischiadicus

1. Durchtrennungsort:
   Ein Viertel der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius.

   Nach Wegklappen des in Ansatznähe durchtrennten M.biceps femoris nach lateral ist der Nerv frei zugänglich in seinem Verlauf auf dem M.adductor magnus.

lfd. Nr.	Nerven-länge cm	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
1 r	28,8o	o,65	o,65	o,65	-	o,7o	o,75	-	1,2o	-	1,25
l	28,1o	o,7o	o,7o	o,7o	-	1,oo	1,45	-	1,35	-	1,5o
2 r	3o,95	o,55	o,65	o,85	-	1,o5	1,1o	-	1,4o	-	1,7o
3 r	29,45	o,7o	o,7o	1,o5	-	1,3o	1,6o	1,65	1,8o	173°	1,9o
4 r	31,2o	o,65	o,7o	1,oo	-	1,2o	1,5o	2,oo	2,1o	163°	2,3o
l	3o,85	o,6o	o,65	o,85	-	o,95	1,1o	1,6o	1,9o	175°	2,oo
5 r	28,6o	o,45	o,55	o,7o	-	o,75	1,oo	1,3o	1,5o	17o°	1,7o
l	29,2o	o,6o	o,6o	o,9o	-	o,9o	o,75	1,15	1,5o	165°	1,65
6 r	3o,15	o,9o	o,75	o,9o	1,2o	1,45	1,8o	1,95	2,1o	18o°	2,3o
l	29,13	1,1o	1,2o	1,3o	1,3o	1,4o	1,6o	2,oo	2,15	18o°	2,2o
7 r	31,o5	o,95	1,15	o,95	o,5o	o,6o	1,5o	1,6o	1,7o	162°	1,8o
l	31,45	o,7o	o,8o	o,9o	1,o5	1,1o	1,4o	1,8o	2,oo	165°	2,15
8 r	29,25	o,75	o,9o	o,9o	0,95	1,2o	1,35	1,5o	1,75	178°	1,85
l	3o,3o	o,75	o,85	o,9o	o,75	o,95	1,35	1,6o	2,1o	18o°	2,25
9 r	29,7o	o,75	o,55	1,o5	1,o5	1,15	1,3o	1,4o	1,6o	17o°	1,65
l	29,3o	o,75	o,65	1,2o	o,9o	1,15	1,45	1,55	1,85	175°	1,9o
1o r	31,75	1,1o	1,2o	1,35	1,1o	1,3o	1,4o	1,8o	1,85	164°	1,95
l	31,35	o,7o	o,8o	1,45	1,2o	1,7o	1,8o	1,8o	1,8o	158°	1,9o
26 r	28,45	o,55	o,65	1,1o	1,1o	1,15	1,25	1,4o	1,4o	183°	1,5o
Median	29,7o	o,7o	o,7o	o,9o	1,o5	1,15	1,4o	1,6o	1,8o	171,5o°	1,9o
Mittelwert	29,95	o,73	o,77	o,98	1,o1	1,11	1,34	1,63	1,74	171,31°	1,87
Varianz	1,3o	o,o3	o,o4	o,o6	o,o5	o,o7	o,o9	o,o6	o,o8	6o,5o°	o,o9
Standard-abw.	1,14	o,17	o,2o	o,22	o,23	o,27	o,3o	o,25	o,29	7,78°	o,29

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nerven-länge cm	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
1 r	28,8o	2,26	2,26	2,26	-	2,43	2,6o	-	4,17	-	4,34
l	28,1o	2,49	2,49	2,49	-	3,56	5,16	-	4,8o	-	5,34
2 r	3o,95	1,78	2,1o	2,75	-	3,39	3,55	-	4,52	-	5,49
3 r	29,45	2,38	2,38	3,57	-	4,41	5,43	5,6o	6,11	173°	6,45
4 r	31,2o	2,o8	2,24	3,21	-	3,85	4,81	6,41	6,73	163°	7,37
l	3o,85	1,95	2,11	2,76	-	3,o8	3,57	5,19	6,16	175°	6,48
5 r	28,6o	1,57	1,92	2,45	-	2,62	3,5o	4,55	5,25	17o°	5,94
l	29,2o	2,o6	2,o6	3,o8	-	3,o8	2,57	3,94	5,14	165°	5,65
6 r	3o,15	2,99	2,49	2,99	3,98	4,81	5,97	6,47	6,97	18o°	7,63
l	29,13	3,78	4,12	4,46	4,46	4,81	5,49	6,87	7,38	18o°	7,55
7 r	31,o5	3,o6	3,7o	3,o6	1,61	1,93	4,83	5,15	5,48	162°	5,8o
l	31,45	2,23	2,54	2,86	3,34	4,5o	4,45	5,72	6,36	165°	6,84
8 r	29,25	2,56	3,o8	3,o8	3,25	4,1o	4,62	5,13	5,98	178°	6,33
l	3o,3o	2,48	2,81	2,97	2,48	3,14	4,46	5,28	6,93	18o°	7,43
9 r	29,7o	2,53	1,85	3,54	3,54	3,87	4,38	4,71	5,39	17o°	5,56
l	29,3o	2,56	2,22	4,1o	3,o7	3,93	4,95	5,29	6,31	175°	6,49
1o r	31,75	3,47	3,78	4,25	3,47	4,o9	4,41	5,67	5,83	164°	6,14
l	31,35	2,23	2,55	4,63	3,83	5,42	5,74	5,74	5,74	158°	6,06
26 r	28,45	1,93	2,29	3,87	3,87	4,o4	4,39	3,92	3,92	183°	5,27
Median		2,38	2,38	3,o8	3,47	3,87	4,46	5,29	5,83		6,14
Mittelwert		2,44	2,58	3,28	3,36	3,74	4,47	5,42	5,75		6,22
Varianz		o,32	o,42	o,4o	o,61	o,79	o,92	9,56	o,92		o,77
Standardabw.		o,56	o,65	o,7o	o,78	o,89	o,96	o,75	o,96		o,88

2. Durchtrennungsort:

Ein Viertel der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius.

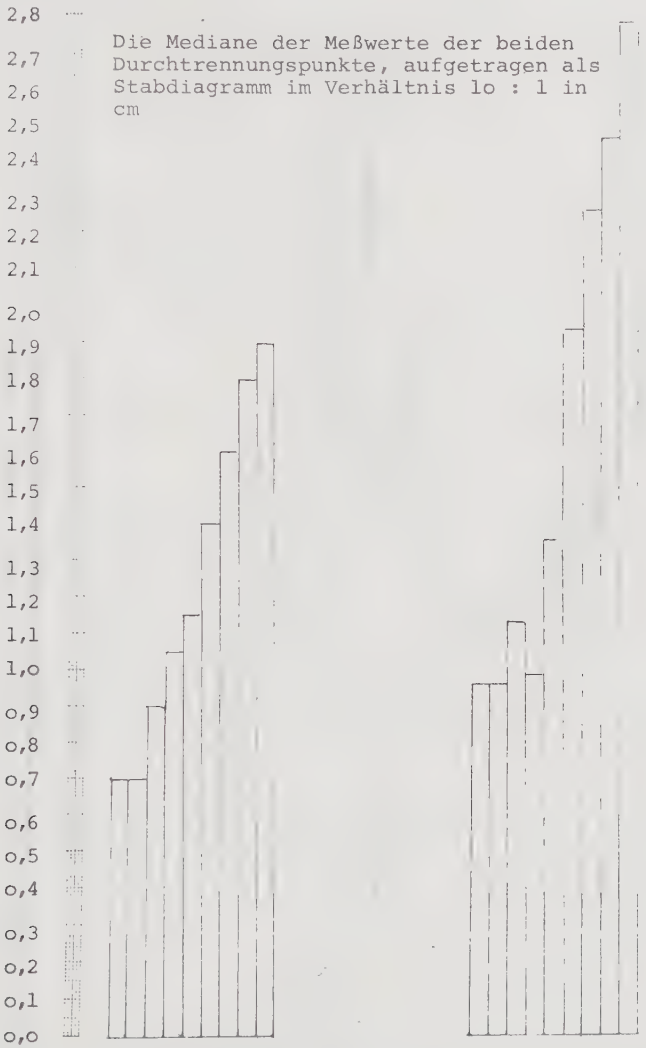
Der Nerv wurde auf einer Strecke von 6 cm vom Bindegewebe befreit. Von diesen 6 cm entfielen 4 cm auf das Stück proximal der Schnittstelle, 2 cm auf das distal gelegene. Es soll der Einfluß der Bindegewebseinbettung auf die Nervenretraktion gezeigt werden.

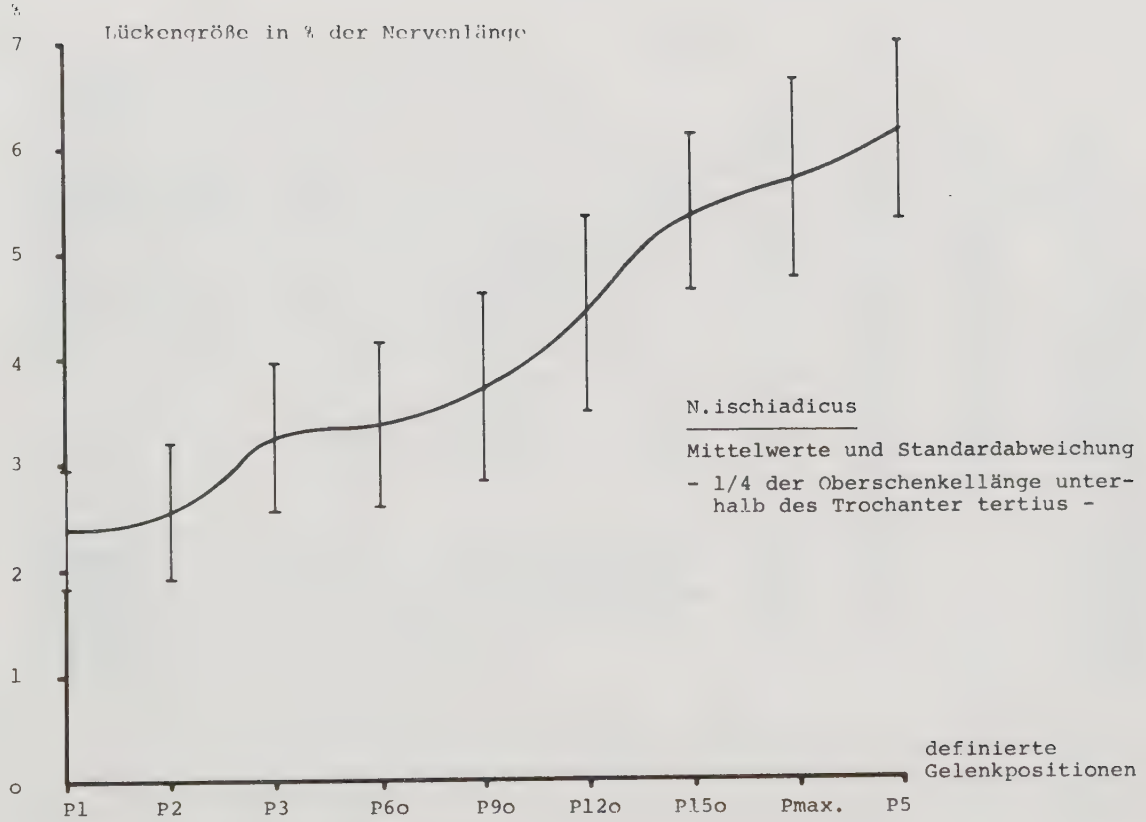
lfd. Nr.	Nerven-länge cm	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
19 r	32,4o	1,1o	o,9o	1,1o	1,6o	1,3o	1,75	2,1o	2,3o	17o°	2,9o
l	31,3o	1,6o	1,6o	1,6o	1,3o	1,85	2,3o	2,7o	2,8o	165°	3,1o
22 r	31,3o	o,9o	1,o5	1,4o	o,9o	1,o5	2,2o	2,7o	3,4o	175°	3,4o
l	31,5o	o,9o	o,8o	1,o5	1,o5	1,7o	2,6o	3,oo	3,5o	177°	3,9o
23 r	29,o5	o,7o	o,9o	1,1o	1,o5	1,45	2,1o	2,35	2,45	18o°	2,55
l	28,8o	o,65	o,65	1,4o	o,75	o,9o	1,3o	1,95	2,7o	178°	2,8o
27 r	3o,25	1,oo	1,3o	1,7o	1,65	1,75	2,3o	2,3o	2,45	173°	2,75
l	29,75	1,2o	1,25	1,15	o,9o	1,o5	1,55	1,9o	1,9o	183°	2,1o
28 r	29,65	1,oo	1,oo	o,8o	o,9o	1,3o	1,7o	2,2o	2,2o	155°	2,6o
l	29,5o	o,3o	o,5o	o,8o	o,7o	1,4o	1,7o	1,9o	2,oo	168°	2,oo
Median	3o,oo	o,95	o,95	1,13	o,98	1,35	1,93	2,25	2,45	174,o°	2,78
Mittelwert	3o,35	o,94	1,oo	1,21	1,o8	1,38	1,95	2,31	2,57	172,4°	2,81
Varianz	1,445	o,12	o,11	o,1o	o,11	o,1o	o,17	o,15	o,29	68,o4°	o,32
Standard-abw.	1,2o2	o,35	o,32	o,31	o,33	o,32	o,41	o,38	o,54	8,249°	o,57

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nervenlänge cm	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
19 r	32,4o	3,4o	2,78	3,4o	4,94	4,o1	5,4o	6,48	7,1o	17o°	8,95
l	31,3o	5,11	5,11	5,11	4,15	5,91	7,35	8,63	8,95	165°	9,9o
22 r	31,3o	2,88	3,36	4,47	2,88	3,36	7,o3	8,63	1o,86	175°	1o,86
l	31,5o	2,86	2,54	3,33	3,33	5,4o	8,25	9,52	11,11	177°	12,38
23 r	29,o5	2,41	3,1o	3,79	3,61	4,99	7,23	8,o9	8,43	18o°	8,78
l	28,8o	2,26	2,26	4,86	2,6o	3,13	4,51	6,77	9,38	178°	9,72
27 r	3o,25	3,31	4,3o	5,62	5,46	5,79	7,6o	7,6o	8,1o	173°	9,o9
l	29,75	4,o3	4,2o	3,87	3,o3	3,53	5,21	6,39	6,39	183°	7,o6
28 r	29,65	3,37	3,37	2,7o	3,o4	4,38	5,73	7,42	7,42	155°	8,77
l	29,5o	1,o2	1,7o	2,71	2,37	4,75	5,76	6,44	6,78	168°	6,78
Median		3,1o	3,23	3,83	3,19	4,57	6,4o	7,51	8,27		9,o2
Mittelwert		3,o7	3,27	3,99	3,54	4,53	6,41	7,6o	8,45		9,23
Varianz		1,19	1,o7	1,oo	1,o3	1,o1	1,52	1,2o	2,67		2,72
Standardabw.		1,o9	1,o3	1,oo	1,o2	1,o1	1,23	1,1o	1,63		1,65

Wegen Übergröße mußte das Diagramm auf DIN A 5 reduziert werden.

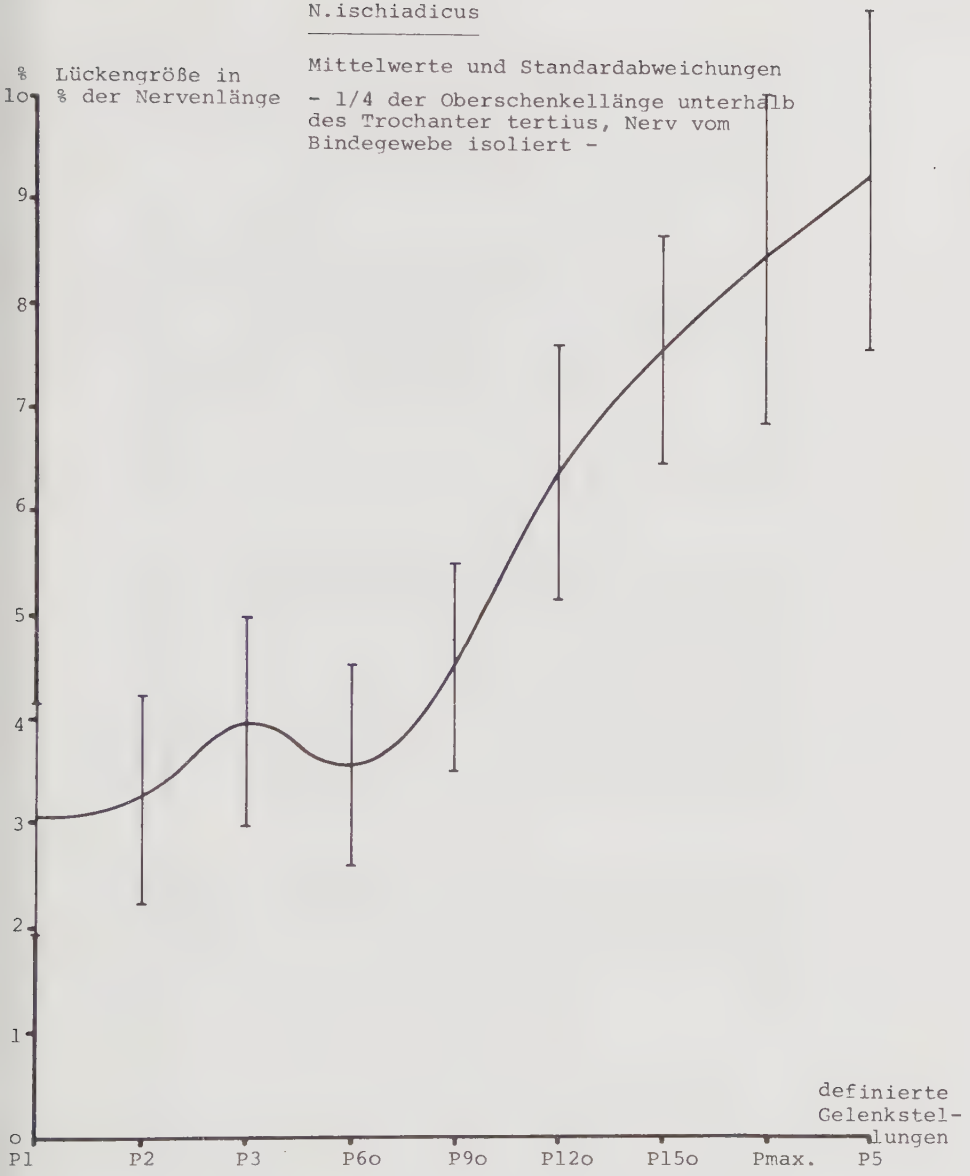



%
Lückengröße in % der Nervenlänge
7
6
5
4
3
2
1
0
P1
P2
P3
P6o
P9o
P12o
P15o
Pmax.
P5
definierte Gelenkpositionen
N.ischiadicus
Mittelwerte und Standardabweichung
- 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius -

N.ischiadicus

Mittelwerte und Standardabweichungen

- 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius, Nerv vom Bindegewebe isoliert -



7. N.peronaeus

1. Durchtrennungsort:
1 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius.

Der M.biceps femoris wird nahe dem Ansatz durchtrennt. Nach Durchschneidung der Nerven weichen an dieser Stelle des Peronaeusverlaufs beide Enden etwa gleich weit auseinander. Bei etwa proximaler Neurotomie überwiegt die Retraktion des centralen Nervenstumpfes und umgekehrt.

Es kam vor, daß das distale Nervenende im Muskelkanal verschwand. Dieser wurde dann bis zum Wiederauffinden des retrahierten Nervenstumpfes eröffnet.

Die Lückengröße wird an dieser Stelle sehr stark durch den Kopf der Wadenbeinmuskulatur beeinfluß:
Vergrößert sich dieser Muskelkopf bei maximaler Beugung des Beines im Kniegelenk und bei Plantarflexion des Fußes, dann dehnt er den Nerven nach lateral und verstärkt dessen Retraktion. Diese fällt entsprechend kleiner aus, wenn bei Streckung im Kniegelenk und Dorsalflexion des Fußes der Muskelkopf geschmälert wird.

Das Meßschema, wie es für die Nn.ischiadicus und tibialis gilt (s.o.), mußte daher in einigen Punkten geändert werden, um weiterhin von Entspannung nach Spannung zu messen.

Positionen der Unterextremitäten

1 a. Knie gebeugt (ca.45), Fuß dorsal, Oberschenkel maximal gestreckt

1 b. Knie gebeugt (ca.45), Fuß normal, Oberschenkel maximal gestreckt

2. Knie gebeugt (45), Fuß normal, Oberschenkel mittel

3. Knie gebeugt, Fuß normal, Oberschenkel maximal gebeugt

4. Knie gebeugt (45), Fuß plantar, Oberschenkel mittel
Knie in den Streckstellungen 6o°
9o°
12o°
15o°

maximale Kniestreckung links

maximale Kniestreckung rechts

5. Knie maximal gestreckt, Fuß maximal dorsal, Oberschenkel gestreckt

lfd. Nr.	Nerven- länge cm	Pos.1a cm	Pos.1b cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
11 r	3o,45	-	o,2o	o,25	o,35	o,5o	o,75	o,85	o,95	1,1o	166°	1,15
l	29,85	-	o,8o	o,65	o,9o	1,oo	o,95	1,o5	1,2o	1,3o	168°	1,4o
12 r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
l	25,35	-	o,5o	o,6o	o,95	1,1o	1,1o	1,25	1,3o	1,1o	172°	o,9o
13 r	3o,o5	o,55	o,7o	-	o,85	o,95	1,o5	1,15	1,1o	1,1o	155°	1,4o
l	31,45	o,15 ü	o,2o	-	o,5o	o,65	o,65	o,8o	o,9o	o,7o	162°	o,7o
14 r	3o,65	o,6o	o,2o	o,4o	o,7o	o,7o	o,8o	o,9o	1,o5	1,2o	172°	1,3o
l	3o,15	o,2o ü	o,6o	o,5o	o,3o	o,4o	o,55	o,6o	o,85	o,95	162°	1,o5
15 r	29,55	o,oo	o,3o	o,4o	o,55	o,5o	o,6o	o,6o	1,2o	1,25	176°	o,9o
l	29,25	o,oo	o,1o	o,7o	1,oo	1,oo	1,1o	1,1o	1,3o	o,8o	178°	o,7o
16 r	29,65	o,4o	o,6o	o,9o	o,9o	o,9o	1,oo	1,15	1,25	1,3o	174°	1,1o
l	27,45	o,2o	o,3o	o,5o	o,7o	o,95	1,oo	1,15	1,7o	1,75	171°	1,7o
17 r	29,75	o,1o ü	o,25	o,25	o,65	o,5o	o,6o	o,7o	o,75	1,25	173°	1,3o
l	28,85	o,1o ü	o,45	o,5o	o,6o	o,7o	o,8o	o,8o	1,oo	1,oo	174°	1,2o
18 r	33,15	o,2o	o,7o	-	o,9o	o,95	o,95	o,7o	1,1o	1,o5	17o°	1,15
l	33,o5	o,oo	o,65	o,8o	o,9o	o,9o	1,o5	1,1o	1,2o	1,2o	164°	1,25
24 r	3o,35	-	o,8o	o,7o	o,85	o,85	o,85	1,15	1,3o	1,3o	165°	1,3o
l	29,55	-	o,9o	o,9o	0,95	o,85	o,9o	o,95	1,o5	1,25	173°	1,15
25 r	28,55	-	o,65	o,7o	o,75	o,65	o,6o	o,8o	o,75	o,85	168°	o,7o
l	29,35	-	o,45	o,5o	o,6o	o,5o	o,6o	o,75	o,8o	o,9o	159°	o,8o
26 l	29,55	-	o,3o	o,4o	o,55	o,5o	o,5o	o,75	1,o5	1,35	176°	1,2o
Median	29,7o	o,oo	o,48	o,5o	o,73	o,78	o,83	o,88	1,o8	1,15	17o,5	1,15
Mittel- wert	29,8o	o,12	o,49	o,57	o,72	o,75	o,82	o,92	1,o9	1,14	168,9	1,12
Varianz	2,876	o,o8	o,o6	o,o4	o,o4	o,o5	o,o4	o,o4	o,o5	o,o6	38,41	o,o7
Standard- abw.	1,696	o,27	o,25	o,2o	o,21	o,22	o,2o	o,21	o,23	o,24	6,198	o,27

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nervenlänge cm	Pos.1a %	Pos.1b %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
11 r	3o,45	-	o,66	o,82	1,15	1,64	2,46	2,79	3,12	3,61	166°	3,78
1	29,85	-	2,68	2,18	3,o2	3,35	3,18	3,52	4,o2	4,36	168°	4,69
12 r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	25,35	-	1,97	2,37	3,75	4,34	4,34	4,93	5,13	4,34	172°	3,55
13 r	3o,o5	1,83	2,33	-	2,83	3,16	3,49	3,83	3,66	3,66	155°	4,66
1	31,45	o,48 ü	o,64	-	1,59	2,o7	2,o7	2,54	2,86	2,23	162°	2,23
14 r	3o,65	1,96	o,65	1,31	2,28	2,28	2,61	2,94	3,43	3,92	172°	4,24
1	3o,15	o,66 ü	1,99	1,66	1,oo	1,33	1,82	1,99	2,82	3,15	162°	3,48
15 r	29,55	o,oo	1,o2	1,35	1,86	1,69	2,o3	2,o3	4,o6	4,23	176°	3,o5
1	29,25	o,oo	o,34	2,39	3,42	3,42	3,76	3,76	4,44	2,74	178°	2,39
16 r	29,65	1,35	2,7o	3,o4	3,o4	3,o4	3,37	3,88	4,22	4,38	174°	3,71
1	27,45	o,73	1,o9	1,82	2,55	3,46	3,64	4,19	6,19	6,38	171°	6,19
17 r	29,75	o,34 ü	o,84	o,84	2,18	1,68	2,o2	2,35	2,52	4,2o	173°	4,37
1	28,85	o,35 ü	1,56	1,73	2,o8	2,43	2,77	2,77	3,47	3,47	174°	4,16
18 r	33,15	o,6o	2,11	-	2,71	2,87	2,87	2,11	3,32	3,17	17o°	3,47
1	33,o5	o,oo	1,97	2,42	2,72	2,72	3,18	3,33	3,63	3,63	164°	3,78
24 r	3o,35	-	2,64	2,31	2,8o	2,8o	2,8o	3,79	4,28	4,28	165°	4,28
1	29,55	-	3,o5	3,o5	3,21	2,88	3,o5	3,21	3,55	4,23	173°	3,89
25 r	28,55	-	2,28	2,45	2,63	2,28	2,1o	2,8o	2,63	2,98	168°	2,45
1	29,35	-	1,53	1,7o	2,o4	1,7o	2,o4	2,56	2,73	3,o7	159°	2,73
26 l	29,55	-	1,o2	1,35	1,86	1,69	1,69	2,54	3,55	4,57	176°	4,o6
Median		o,oo	1,77	1,82	2,59	2,58	2,79	2,87	3,55	3,79		3,78
Mittelwert		o,39	1,65	1,93	2,44	2,54	2,77	3,o9	3,68	3,83		3,76
Varianz		o,82	o,68	o,45	o,52	o,63	o,54	o,63	o,8o	o,78		o,87
Standardabw.		o,91	o,83	o,67	o,72	o,8o	o,74	o,79	o,9o	o,88		o,93

2. Durchtrennungsort:
Grenze mittleres/oberes Unterschenkeldrittel.

Aufsuchen des Nerven zwischen M.extensor digitorum longus und M.peronaeus longus. Auf die Position 1 a wie bei der vorigen Peronaeus-Meßreihe wurde verzichtet, da hier der Einfluß der Wadenbeinmuskulatur nicht mehr einen so starken Einfluß ausübt. Es gilt also wieder das ursprüngliche Schema.

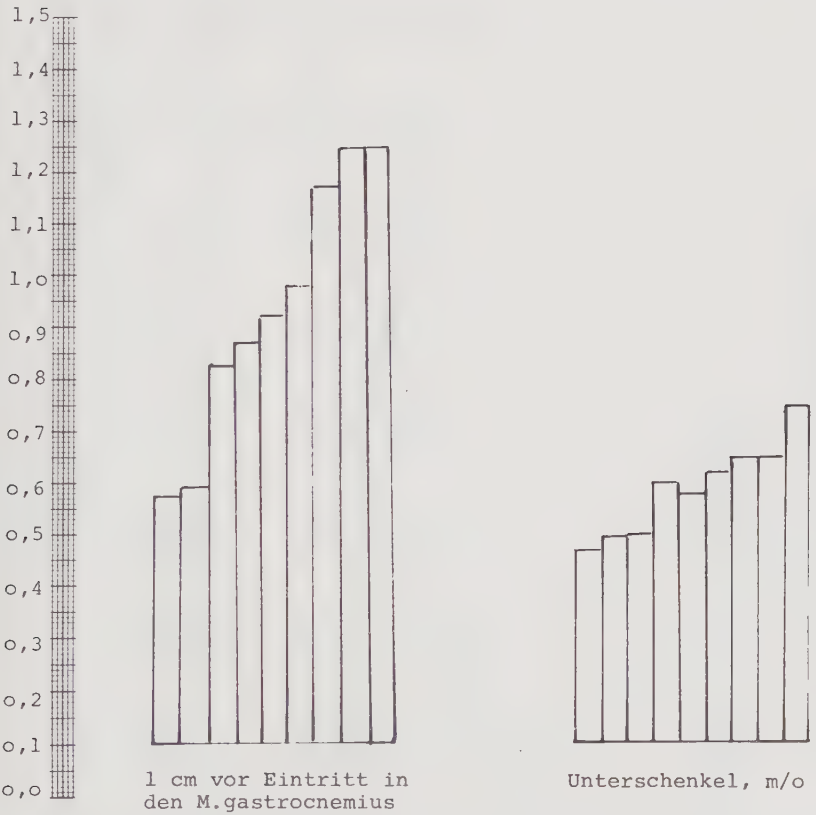
lfd.Nr.	Nervenlänge cm	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
2o r	31,35	o,4o	o,4o	o,5o	o,5o	o,55	o,55	o,55	o,5o	173°	o,6o
l	31,25	o,5o	o,6o	o,6o	o,6o	o,6o	o,6o	o,6o	o,6o	173°	o,7o
21 r	29,o5	o,45	o,4o	o,4o	o,45	o,45	o,5o	o,7o	o,7o	179°	o,75
l	3o,55	o,6o	o,7o	o,7o	o,7o	o,7o	o,75	o,75	o,75	173°	o,8o
29 r	29,o5	o,35	o,4o	o,45	o,55	o,55	o,65	o,55	o,7o	168°	o,8o
l	29,15	o,4o	o,4o	o,4o	o,5o	o,4o	o,55	o,65	o,7o	17o°	o,7o
3o r	3o,45	o,25	o,35	o,35	o,3o	o,3o	o,3o	o,5o	o,5o	165°	o,5o
l	31,15	o,35	o,5o	o,4o	o,5o	o,5o	o,5o	o,5o	o,5o	165°	o,45
31 r	28,15	o,2o	o,25	o,25	o,25	o,3o	o,3o	o,45	o,45	15o°	o,35
l	29,35	o,3o	o,3o	o,3o	o,3o	o,35	o,35	o,4o	o,4o	16o°	o,4o
Median	29,9o	o,38	o,4o	o,4o	o,5o	o,48	o,53	o,55	o,55	169°	o,65
Mittelwert	29,95	o,38	o,43	o,44	o,47	o,47	o,51	o,57	o,58	167,6°	o,61
Varianz	1,284	o,o1	o,o2	o,o2	o,o2	o,o2	o,o2	o,o1	o,o2	67,16°	o,o3
Standardabw.	1,133	o,12	o,14	o,14	o,14	o,13	o,15	o,11	o,13	8,195°	o,17

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nerven-länge cm	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
2o r	31,35	1,28	1,28	1,6o	1,6o	1,75	1,75	1,75	1,59	173°	1,91
l	31,25	1,6o	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	173°	2,24
21 r	29,o5	1,55	1,38	1,38	1,55	1,55	1,72	2,41	2,41	179°	2,58
l	3o,55	1,96	2,29	2,29	2,29	2,29	2,46	2,46	2,46	173°	2,62
29 r	29,o5	1,21	1,38	1,55	1,89	1,89	2,24	1,89	2,41	168°	2,75
l	29,15	1,37	1,37	1,37	1,72	1,37	1,89	2,23	2,4o	17o°	2,4o
3o r	3o,45	o,82	1,15	1,15	o,99	o,99	o,99	1,64	1,64	165°	1,64
l	31,15	1,12	1,61	1,28	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	166°	1,45
31 r	28,15	o,71	o,89	o,89	o,89	1,o7	1,o7	1,6o	1,6o	15o°	1,24
l	29,35	1,o2	1,o2	1,o2	1,o2	1,19	1,19	1,36	1,36	16o°	1,36
Median		1,25	1,38	1,38	1,61	1,58	1,74	1,82	1,78		2,o8
Mittelwert		1,26	1,43	1,45	1,55	1,56	1,68	1,89	1,94		2,o2
Varianz		o,14	o,18	o,18	o,21	o,17	o,24	o,14	o,19		o,33
Standardabw.		o,38	o,42	o,42	o,46	o,42	o,49	o,37	o,43		o,57

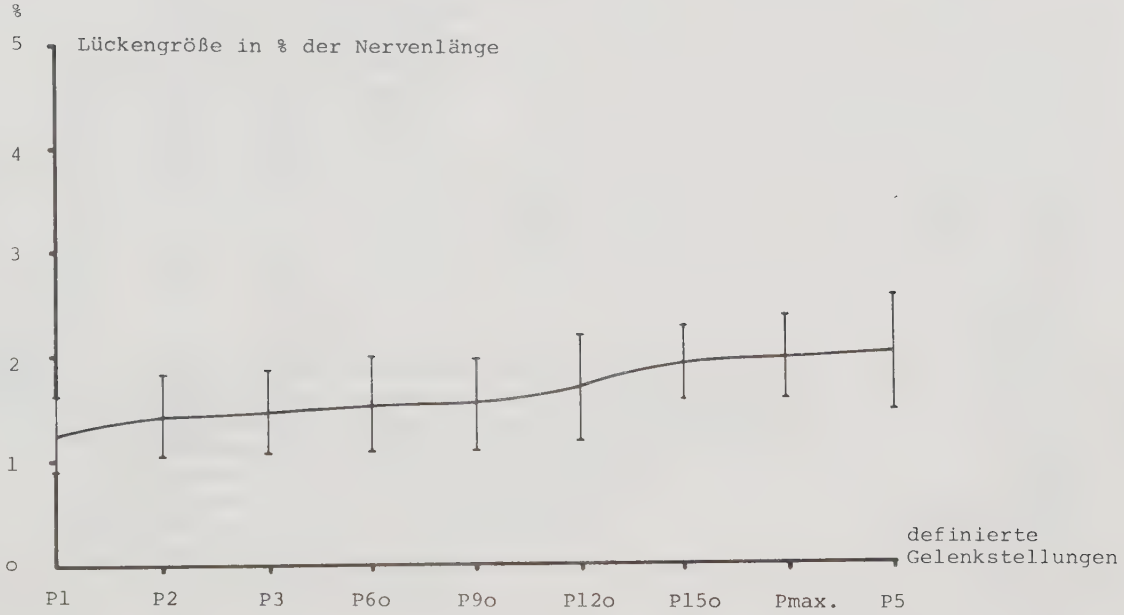
N.peronaeus

Die Mediane der Meßwerte für die beiden Durchtrennungspunkte, aufgetragen als Stabdiagramm im Verhältnis lo : 1 in cm:



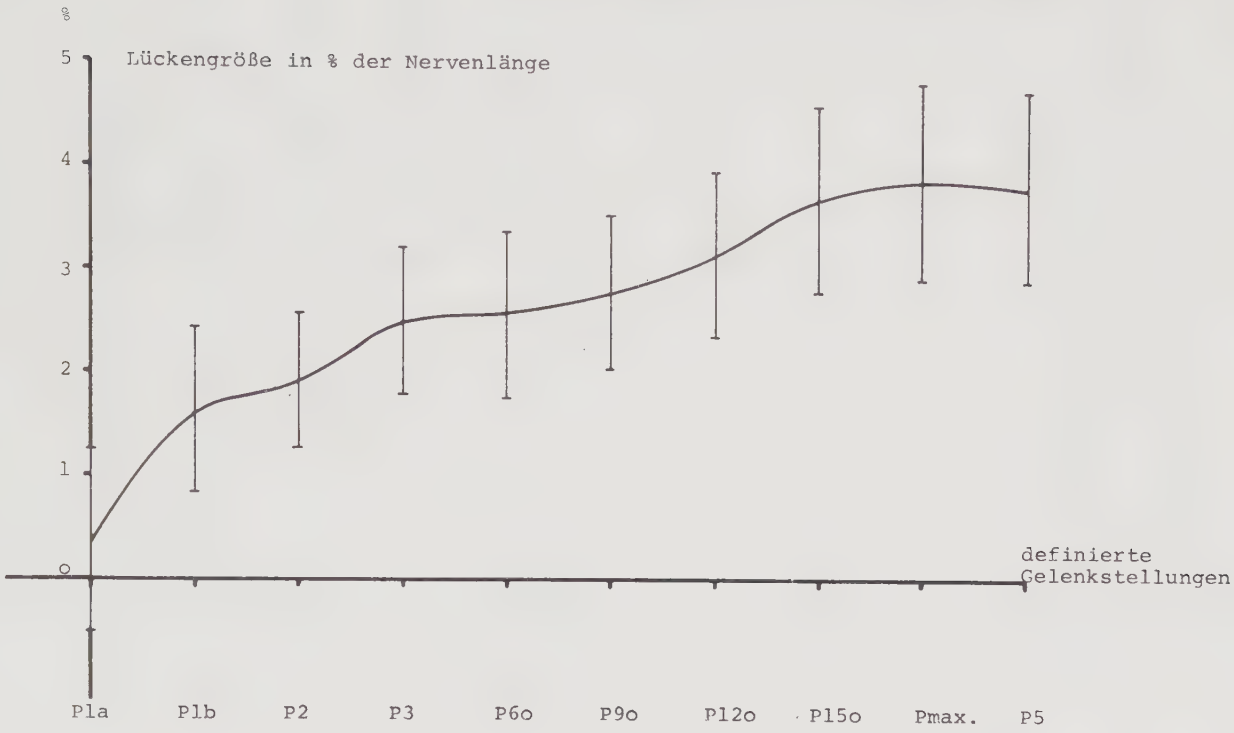
N. peroneus

Mittelwerte und Standardabweichungen
- Unterschenkel m/o Drittel -



N.peronaeus

Mittelwerte und Standardabweichungen
- 1 cm vor dem Eintritt in den M.gastrocnemius -



8. N.tibialis

1. Durchtrennungsort:
   Grenze mittleres/oberes Unterschenkeldrittel.

   Aufsuchen des Nerven zwischen M.gastrocnemius und M.extensor digiti V.

lfd. Nr.	Nervenlänge cm	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
2o r	3o,95	o,4o	o,5o	o,7o	o,8o	o,8o	1,oo	1,oo	1,3o	17o°	1,4o
1	3o,65	o,35	o,4o	o,5o	o,6o	o,7o	o,85	o,95	1,oo	173°	1,3o
2l r	28,55	o,6o	o,5o	o,7o	o,8o	1,1o	1,oo	1,oo	1,1o	176°	1,25
1	28,65	o,55	o,7o	o,7o	o,8o	1,1o	1,2o	1,3o	1,5o	174°	1,6o
29 l	27,15	o,4o	o,45	o,6o	o,6o	o,8o	o,95	o,95	1,oo	17o°	1,15
Median	28,65	o,4o	o,5o	o,7o	o,8o	o,8o	1,oo	1,oo	1,1o	173,o°	1,3o
Mittelwert	29,19	o,46	o,51	o,64	o,72	o,9o	1,oo	1,o4	1,18	172,6°	1,34
Varianz	2,523	o,o1	o,o1	o,o1	o,o1	o,o4	o,o2	o,o2	o,o5	6,8oo°	o,o3
Standardabw.	1,588	o,11	o,11	o,o9	o,11	o,19	o,13	o,15	o,22	2,6o8°	o,17

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nerven- länge cm	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
2o r	3o,95	1,29	1,62	2,26	2,59	2,59	3,23	3,23	4,2o	17o°	4,52
l	3o,65	1,14	1,31	1,63	1,96	2,28	2,77	3,1o	3,26	174°	4,24
21 r	28,55	2,1o	1,75	2,45	2,8o	3,85	3,5o	3,5o	3,85	176°	4,38
l	28,65	1,92	2,44	2,44	2,79	3,84	4,19	4,54	5,24	176°	5,59
29 l	27,15	1,47	1,66	2,21	2,21	2,95	3,5o	3,5o	3,68	17o°	4,24
Median		1,47	1,66	2,26	2,59	2,95	3,5o	3,5o	3,85		4,38
Mittelwert		1,58	1,76	2,2o	2,47	3,1o	3,24	3,57	4,o5		4,59
Varianz		o,17	o,17	o,11	o,14	o,52	o,57	o,32	o,56		o,32
Standardabw.		o,41	o,42	o,34	o,37	o,72	o,76	o,57	o,75		o,57

2. Durchtrennungsort:
   Grenze mittleres/unteres Unterschenkeldrittel:

   Aufsuchen des Nerven zwischen M.gastrocnemius und M.flexor hallucis longus. Der Nerv wurde von der Arteria tibialis isoliert und dann durchtrennt.

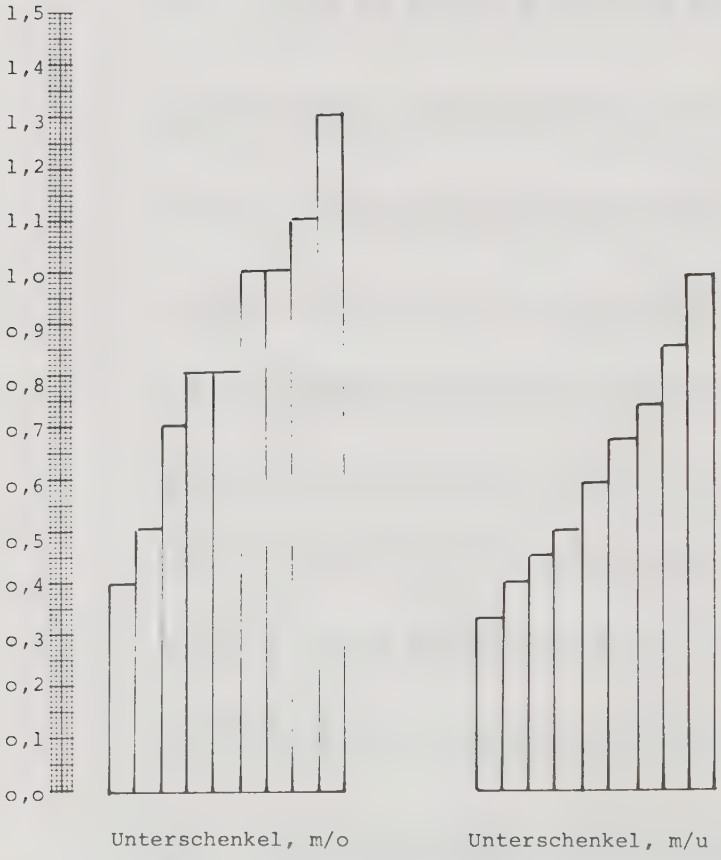
lfd. Nr.	Nerven-länge cm	Pos.1 cm	Pos.2 cm	Pos.3 cm	Pos.6o cm	Pos.9o cm	Pos.12o cm	Pos.15o cm	Pos.max. cm	Grad	Pos.5 cm
11 r	29,85	o,25	o,25	o,3o	o,3o	o,35	o,45	o,55	o,6o	166°	o,6o
1	29,45	o,35	o,4o	o,45	o,45	o,45	o,5o	o,5o	o,6o	165°	o,7o
12 l	24,95	o,7o	o,8o	o,9o	1,1o	1,2o	1,3o	1,3o	1,3o	178°	1,45
13 r	29,95	o,3o	-	o,35	o,4o	o,65	o,65	o,75	o,8o	158°	o,95
1	3o,65	o,3o	-	o,3o	o,35	o,5o	o,6o	o,7o	1,2o	162°	1,3o
14 r	29,15	o,15	o,2o	o,4o	o,35	o,5o	o,6o	o,7o	o,75	168°	o,95
1	29,55	o,1o ü	o,oo	o,o5	o,25	o,35	o,4o	o,6o	o,6o	158°	o,6o
15 r	28,45	o,55	o,75	1,1o	1,oo	1,1o	1,2o	1,25	1,3o	179°	1,45
1	28,95	o,6o	o,8o	1,o5	1,oo	1,3o	1,3o	1,3o	1,45	18o°	1,5o
16 r	29,45	o,45	o,55	o,5o	o,7o	o,9o	o,9o	1,oo	1,35	173°	1,55
1	29,45	o,55	o,55	o,7o	o,8o	1,oo	1,1o	1,1o	1,2o	176°	1,55
17 r	28,o5	o,3o	o,4o	o,6o	o,65	o,85	1,oo	1,15	1,15	173°	1,3o
1	27,95	o,5o	o,6o	o,7o	o,75	1,1o	1,15	1,2o	1,25	178°	1,4o
18 r	31,55	o,35	-	o,4o	o,85	o,95	1,o5	1,15	1,15	165°	1,4o
1	31,65	o,oo	o,25	o,45	o,35	o,5o	o,5o	o,65	o,85	176°	o,95
24 r	29,95	o,2o	o,3o	o,4o	o,5o	o,6o	o,7o	o,75	o,8o	166°	1,oo
1	29,75	o,4o	o,4o	o,45	o,45	o,5o	o,5o	o,6o	o,7o	175°	o,8o
25 r	27,35	o,4o	o,4o	o,4o	o,5o	o,55	o,6o	o,7o	o,7o	165°	o,9o
1	27,75	o,15	o,2o	o,35	o,35	o,4o	o,7o	o,7o	o,7o	162°	o,95
26 l	29,o5	o,3o	o,3o	o,45	o,5o	o,5o	o,55	o,7o	o,85	181°	o,95
Median	29,41	o,33	o,4o	o,45	o,5o	o,58	o,68	o,73	o,85	17o,5°	o,98
Mittel-wert	29,15	o,34	o,42	o,52	o,58	o,71	o,79	o,87	o,97	17o,2°	1,11
Varianz	2,255	o,o4	o,o5	o,o7	o,o7	o,o9	o,o9	o,o8	o,o9	56,38°	o,1o
Standard-abw.	1,5o2	o,2o	o,23	o,26	o,26	o,31	o,3o	o,28	o,29	7,5o9°	o,32

Lückengröße in Prozent der zugehörigen Nervenlängen

lfd. Nr.	Nerven- länge cm	Pos.1 %	Pos.2 %	Pos.3 %	Pos.6o %	Pos.9o %	Pos.12o %	Pos.15o %	Pos.max. %	Grad	Pos.5 %
11 r	29,85	o,84	o,84	1,o1	1,o1	1,17	1,51	1,84	2,o1	166°	2,o1
l	29,45	1,19	1,36	1,53	1,53	1,53	1,7o	1,7o	2,o4	165°	2,38
12 l	24,95	2,81	3,21	3,61	4,41	4,81	5,21	5,21	5,21	178°	5,81
13 r	29,95	1,oo	-	1,17	1,34	2,17	2,17	2,5o	2,67	158°	3,17
l	3o,65	o,98	-	o,98	1,14	1,63	1,96	2,28	3,92	162°	4,24
14 r	29,15	o,52	o,69	1,37	1,2o	1,72	2,o6	2,4o	2,57	168°	3,26
l	29,55	o,34	o,oo	o,17	o,85	1,18	1,35	2,o3	2,o3	158°	2,o3
15 r	28,45	1,93	2,64	3,87	3,52	3,87	4,22	4,39	4,57	179°	5,1o
l	28,95	2,o7	2,76	3,63	3,45	4,49	4,49	4,49	5,o2	18o°	5,18
16 r	29,45	1,53	1,87	1,7o	2,38	3,o6	3,o6	3,4o	4,58	173°	5,26
l	29,45	1,87	1,87	2,38	2,72	3,4o	3,74	3,74	4,o8	176°	5,26
17 r	28,o5	1,o7	1,43	2,14	2,32	3,o3	3,57	4,1o	4,1o	173°	4,64
l	27,95	1,79	2,15	2,5o	2,68	3,94	4,11	4,29	4,47	178°	5,o1
18 r	31,55	1,11	-	1,27	2,69	3,o1	3,33	3,65	3,65	165°	4,44
l	31,65	o,oo	o,79	1,42	1,11	1,58	1,58	2,o5	2,69	176°	3,oo
24 r	29,95	o,67	1,oo	1,34	1,67	2,oo	2,34	2,5o	2,67	166°	3,34
l	29,75	1,35	1,35	1,51	1,51	1,68	1,68	2,o2	2,35	175°	2,69
25 r	27,35	1,46	1,46	1,46	1,83	2,o1	2,19	2,56	2,56	165°	3,29
l	27,75	o,54	o,72	1,26	1,26	1,44	2,52	2,52	2,52	162°	3,42
26 l	29,o5	1,o3	1,o3	1,55	1,72	1,72	1,89	2,41	2,93	181°	3,27
Median		1,o9	1,36	1,49	1,7o	2,o1	2,27	2,51	2,81		3,38
Mittelwert		1,21	1,48	1,79	2,o2	2,47	2,73	3,oo	3,33		3,84
Varianz		o,45	o,72	o,93	o,95	1,29	1,32	1,11	1,14		1,39
Standardabw.		o,67	o,85	o,96	o,98	1,14	1,15	1,o5	1,o7		1,18

N.tibialis

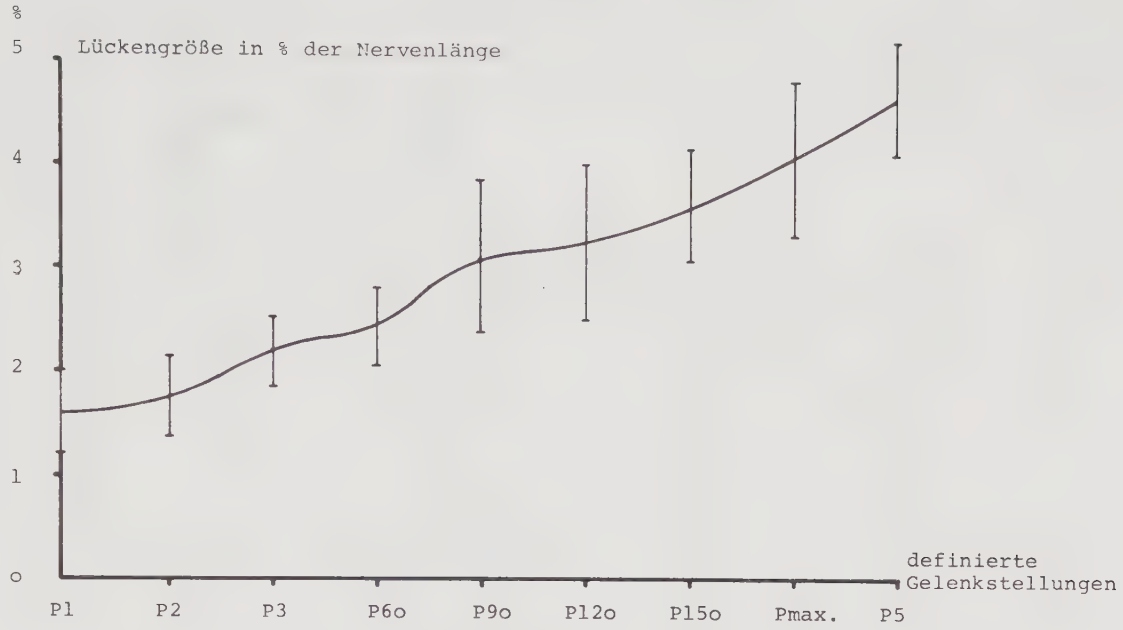
Die Mediane der Meßwerte für die beiden Durchtrennungspunkte, aufgetragen als Stabdiagramm im Verhältnis lo : l in cm:



N.tibialis

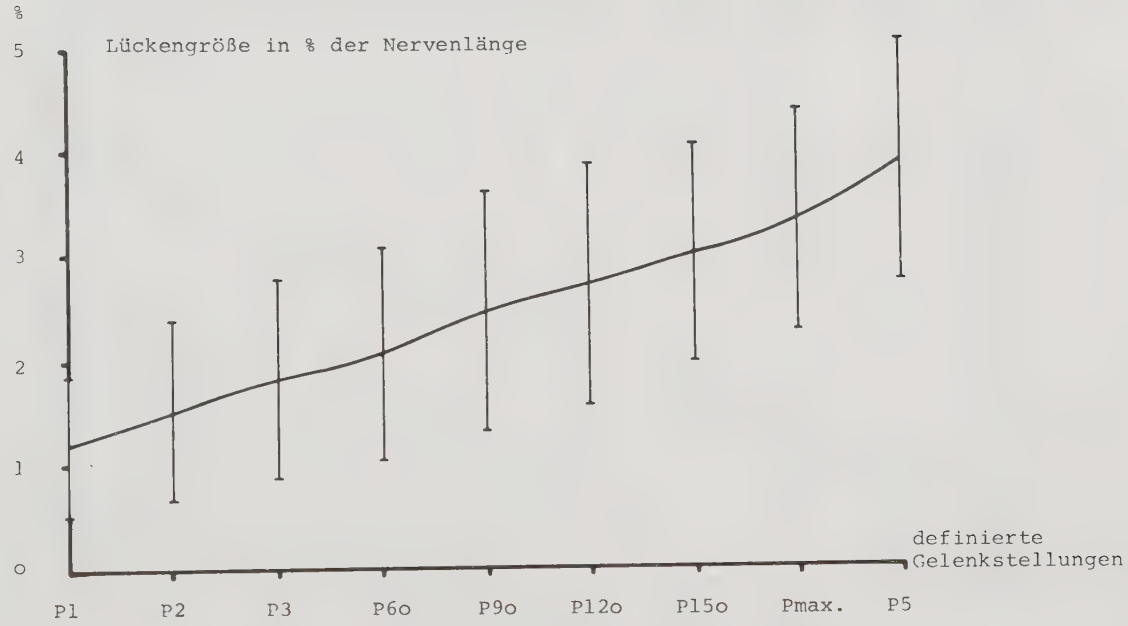
Mittelwerte und Standardabweichungen

- Unterschenkel m/o Drittel -



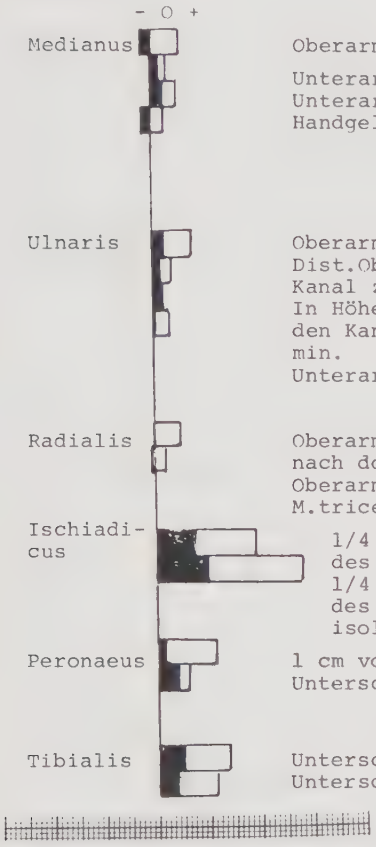
N.tibialis

Mittelwerte und Standardabweichungen
- Unterschenkel m/u Drittel -



V. Auswertung

Darstellung der Minimal- und Maximallückengröße in Absolutwerten



Weiß: Lückengröße in maximaler physiologischer Entspannung des Nerven

Schwarz: Lückengröße in maximaler physiologischer Spannung des Nerven

Besonders fällt das Kleinerwerden der Nervenlücken im Verlauf des Nerven nach distal auf, desgleichen der generelle Unterschied zu den nervalen Lückengrößen zwischen Vorder- und Hinterextremität.

Abgesehen von den recht unterschiedlichen absoluten Lückengrößen der einzelnen Meßorte fällt doch eine gewisse Übereinstimmung des Retraktionsverhaltens auf. Dieses ähnelt sich umso mehr, je ähnlicher auch der anatomische Verlauf der Nerven an der jeweiligen Extremität ist.
So verhalten sich die Nerven der Vorderextremität konkordanter zueinander als zu jenen an der unteren Extremität; N.ulnaris und N.medianus wiederum verhalten sich ähnlicher zueinander als zum N.radialis.

Es existieren also Kräfte, die auf Grund ähnlicher anatomischer Verhältnisse gleichgerichtet auf die Nervenretraktion einwirken.
Welche sind dies nun, und wie sind sie richtungs- und stärkemäßig einzuordnen ?

1. Beziehung der Nervenlängen zu Gewicht und Lückengröße

Die Nervenlängen sind, soweit der relativ eng begrenzte Gewichtsbereich der benutzten Versuchtstiere dies erkennen läßt, positiv abhängig von den jeweiligen Körpergewichten: Je schwerer das Tier, desto länger die Nerven.

Diese Aussage ergab sich aus der Berechnung des empirischen Korrelationskoeffizienten (Kollegium Biomathematik NW 1975) für Nervenlänge F (Tiergewicht):

Medianus	o,56	Ischiadicus	o,39
Ulnaris	o,59	Peronaeus	o,63
Radialis	o,24	Tibialis	o,46

Besteht nun auch eine solche Abhängigkeit der Lückengröße von der Nervenlänge ?

Die Korrelationskoeffizienten für P 1 F (Nervenlänge) und P 4 bzw. P 5 F (Nervenlänge) ergaben folgendes Bild:

	P1	P4
Medianus, Oberarm m/u	o,28	- o,34
Medianus, Unterarm m/u Arterie unversehrt	o,o2	- o,16
Medianus, Unterarm m/u Arterie mit durchtrennt	- o,33	- o,28
Medianus, Handgelenk	- o,o7	- o,o5
Ulnaris, Oberarm m/u	o,oo2	o,24
Ulnaris, Oberarm, o,5 cm vor Ellbogenbeuge	o,14	o,16
Ulnaris, Ellbogenbeuge	o,1	o,54
Ulnaris, Unterarm m/u	- o,25	o,24

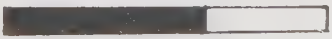
	P 1	P 4
Radialis, 1/2 Oberarm	o,34	- o,19
Radialis, 1/2 Oberarm, Humerus frakturiert	o,o	- o,43
Ischiadicus, 1/4 unter Trochanter tertius	o,26	o,22
Ischiadicus, 1/4 unter Trochanter tertius ohne Bindegewebe	o,51	o,63
Peronaeus, Wadenbeinkopf	- o,41	o,32
Peronaeus, Unterschenkel m/o	- o,5o	- o,21
Tibialis, Unterschenkel m/o	- o,41	o,32
Tibialis, Unterschenkel m/u	- o,5o	- o,21

Insgesamt betrachtet ergibt sich damit, daß keine Abhängigkeit der Lückengröße von der zugehörigen Nervenlänge existiert.

2. Beziehung der Lückengröße zum Ort der Durchtrennung im Nervenverlauf

Wie die Untersuchungen ergaben, fallen die Lückengrößen an verschiedenen Nervenverlaufspunkten recht unterschiedlich aus, zeigten jedoch an jeweils identischen Nervenpunkten im Bereich einer gewissen Streubreite gleichartiges Retraktionsverhalten.
Abgesehen von Engpässen im anatomischen Verlauf des Nerven mit Verwachsungen desselben in der Umgebung, findet sich eine regelhafte zunehmende Verkleinerung der Lückengröße, je distaler die Nervendurchtrennung erfolgte. Dies ist in den Maximalpositionen der Gelenkbewegungen am deutlichsten.

Während die durchschnittlichen Lückengrößenwerte der jeweiligen Meßreihen für die untersuchten Nerven am Ende der entsprechenden Kapitel als Stabdiagramm dargestellt sind, zeigt die folgende Tabelle die durchschnittlichen nervalen Lückendifferenzen der obersten zum untersten vergleichbaren Meßpunkt der Extremität:

	Absolut	Prozent	% der Nervenlänge
N. medianus	o,26 cm	1,15 %	*
N. ulnaris	o,41 cm	1,75 %	
N. tibialis	o,76 cm	2,38 %	

Für die Nn.medianus und ulnaris wurde die Lückendifferenz zwischen dem Durchtrennungspunkt am Oberarm, m/u Drittel, und dem am Unterarm, m/u Drittel, berechnet.
Für den N.tibialis gilt die Lückendifferenz zwischen dem N.ischiadicus am Oberschenkel, 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius und dem N.tibialis, m/u Unterschenkeldrittel.

* Schwarz: proximaler Durchtrennungsort
  Weiß: distaler Durchtrennungsort

Für die Nn. radialis und peronaeus ist diese Betrachtung nicht möglich, da für sie keine vergleichbaren distalen Durchtrennungspunkte gemessen wurden.

3. Beziehung des Nervenbettes zur Lückengröße

Für die Größe der Nervenlücke und besonders für deren Unterschiede im Verlauf des Nerven ist seine Fixierung an die Strukturen der Umgebung von großer Bedeutung.

Es zeigte sich, daß stärkere Bindung des Nerven in sein Bett der Lückengröße entgegenwirkt. Sie vermindert das elastische Retraktionsvermögen des Nerven, welcher durch Gelenkbewegungen gespannt oder entlastet wird. Dieses Kräftespiel kommt dagegen in wenig fixierten Verläufen, etwa in weiten Muskellogen, voll zum Tragen. Zum Beleg wurde der N.ischiadicus, 1/4 Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius, im Vergleich zur normalen Meßreihe definiert vom Bindegewebe isoliert und dann seine Lücke gemessen. Die Lückengrößen dieser Meßreihe erwiesen sich als deutlich größer.

Das andere Extrem zeigt die Messung der N.ulnaris-Lücke in der Ellbogenbeuge. Die bindegewebige Fixation des Nerven ist hier so stark, daß die entstehende kleine Nervenlücke keinerlei signifikante Abhängigkeit mehr von der Gelenkbewegung aufweist.

Daß die Adhäsion des Nerven aber nicht immer der Retraktion entgegen wirken muß, zeigt die Medianus-Meßreihe mit Durchtrennung der Arteria mediana, an welche der Nerv im Unterarm sehr fixiert ist. Die Arterienretraktion war hier stärker als die Nervenretraktion und zog die Nervenenden mit sich.

Der Unterschied der Durchschnittswerte betrug für Minimal- und Maximalposition:

o,o8 cm	o,2o % d.Nervenlänge	P 1
o,2o cm	1,o5 % d.Nervenlänge	P 4

Medianwerte der beiden

Medianusmeßreihen
am Unterarm

Schwarz:
Arteria mediana unversehrt

Weiß:
Arteria mediana mit durchtrennt

4. Beziehung der Gelenkbewegungen der Extremitäten zur Lückengröße

Daß die Nerven je nach Verlauf durch Bewegungen der Extremitätengelenke gespannt und entspannt werden, ist bekannt und findet seinen Niederschlag in der Fachliteratur im Hinblick auf Nervennaht und postoperative Extremitätenlagerung (s.o.).

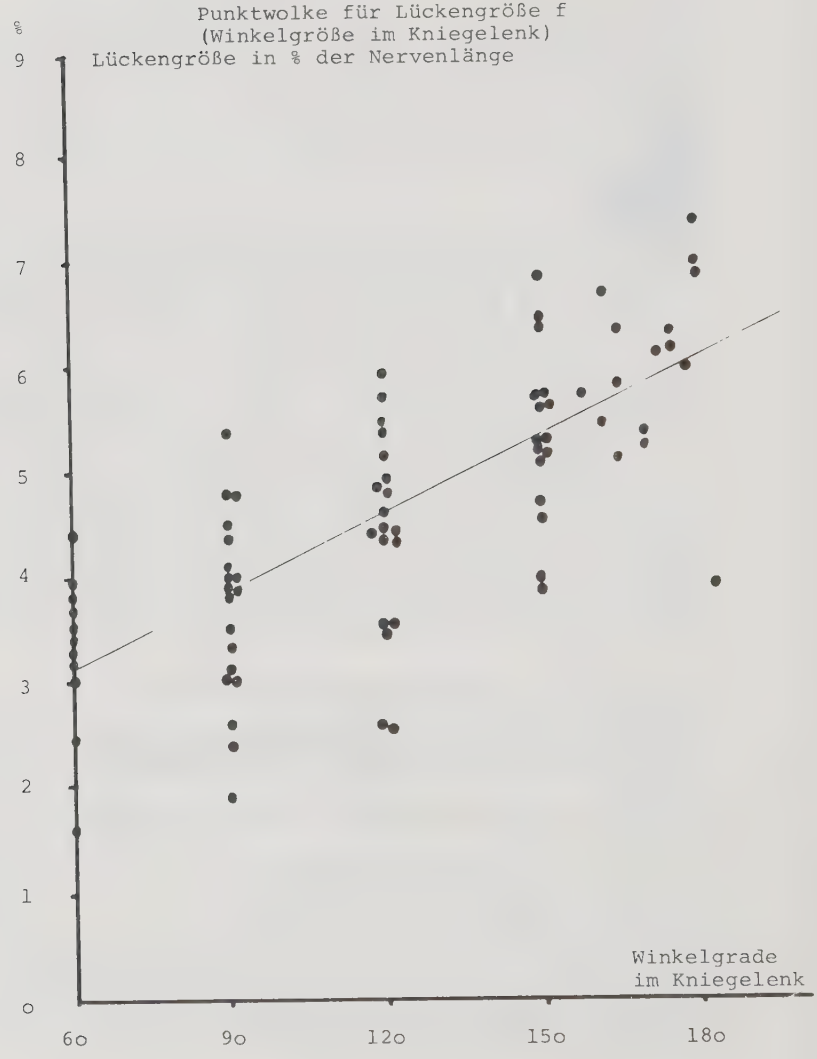
Die Meßpositionen der Meßreihen waren so gestaltet, daß einmal von minimaler zu maximaler Lückengröße gemessen wurde. Zum anderen kam dabei aber auch die Auswirkung der Bewegung einzelner Gelenke auf die Lückengröße zur Darstellung (s.o.). Anhand der den jeweiligen Meßwerten beigefügten Stabdiagramme und Mittelwertkurven ergibt sich, daß die Bewegung im Ellbogengelenk am Arm bzw. die Kniegelenksbewegung am Bein das Hauptmaß der Retraktions-Lückengrößenzunahme ausmacht. Bewegungen im Schulter- und Hand- bzw.Oberschenkel- und Fußgelenk fallen weitaus weniger stark ins Gewicht. Am Bein war es möglich, die Lückengrößenzunahme in Korrelation zur Bewegung im Kniegelenk durch Winkelmessung genauer zu erfassen. Die Korrelationskoeffizienten betrugen für:

N.ischiadicus, 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius	o,584
N.ischiadicus, 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius, von Bindegewebe isoliert	o,822
N.peronaeus, 1 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius	o,571
N.peronaeus, m/o Unterschenkeldrittel	o,793
N.tibialis, m/o Unterschenkeldrittel	o,71o
N.tibialis, m/u Unterschenkeldrittel	o,44o

Die folgende Darstellung der jeweiligen Punktwolken mit der entsprechenden Regressionsgeraden gibt ebenfalls das Bild einer positiven Abhängigkeit.

N.ischiadicus

1/4 Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius
Punktwolke für Lückengröße f
(Winkelgröße im Kniegelenk)

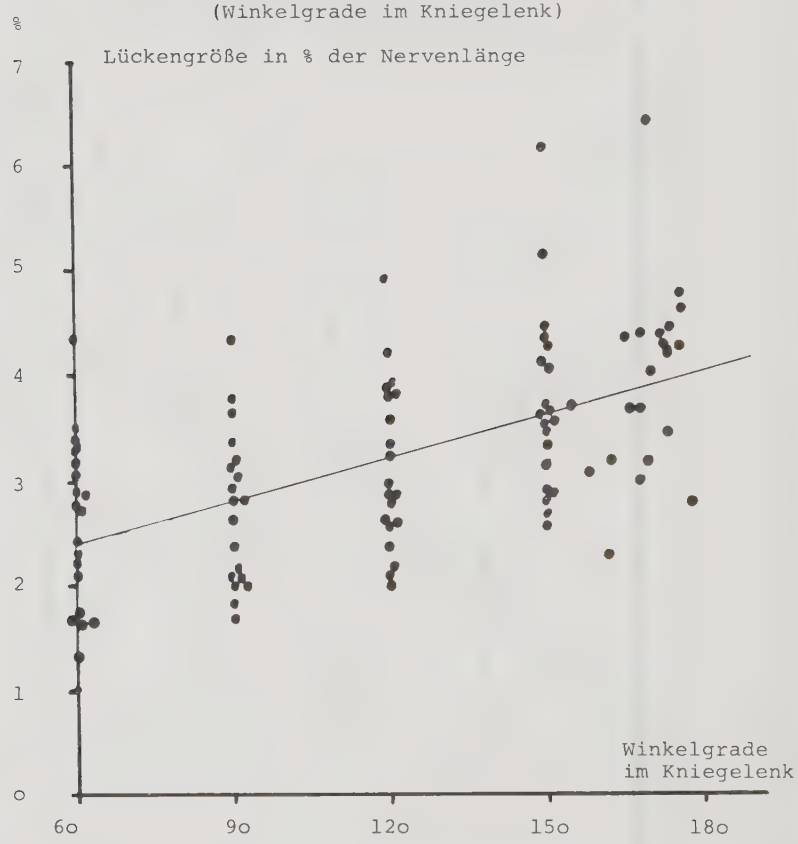


%
N.ischiadicus
1/4 Oberschenkellänge unterhalb des Troch.tertius, von Bindegewebe isoliert
Punktwolke für Lückengröße f (Winkelgröße im Kniegelenk)
Lückengröße in % der Nervenlänge
11
1o
9
8
7
6
5
4
3
2
1
o
Winkelgrade im Kniegelenk
6o
9o
12o
15o
18o

N.peronaeus

1 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius

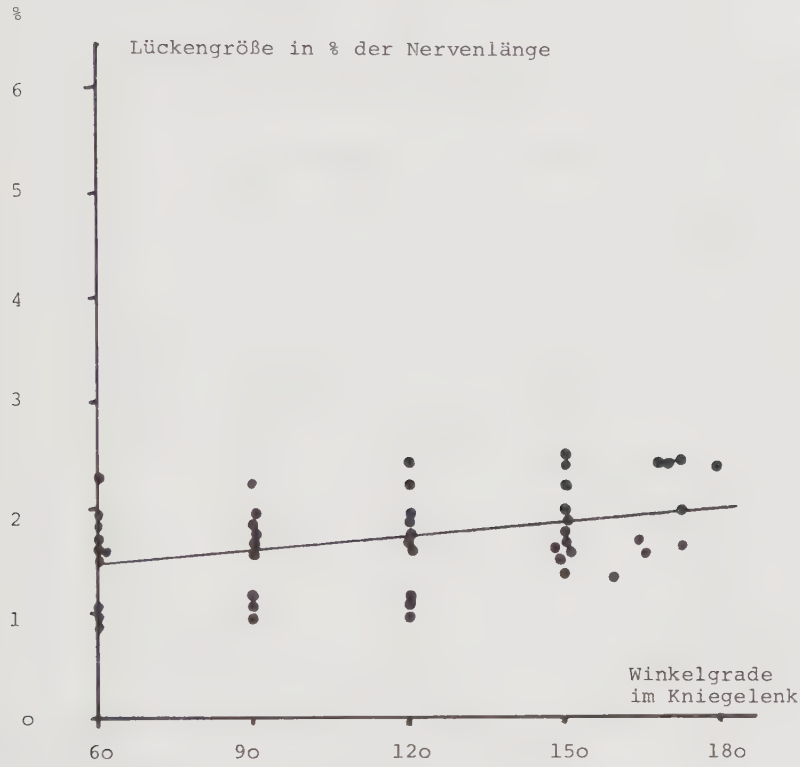
Punktwolke für Lückengröße f (Winkelgrade im Kniegelenk)



N.peronaeus

Unterschenkel, m/o

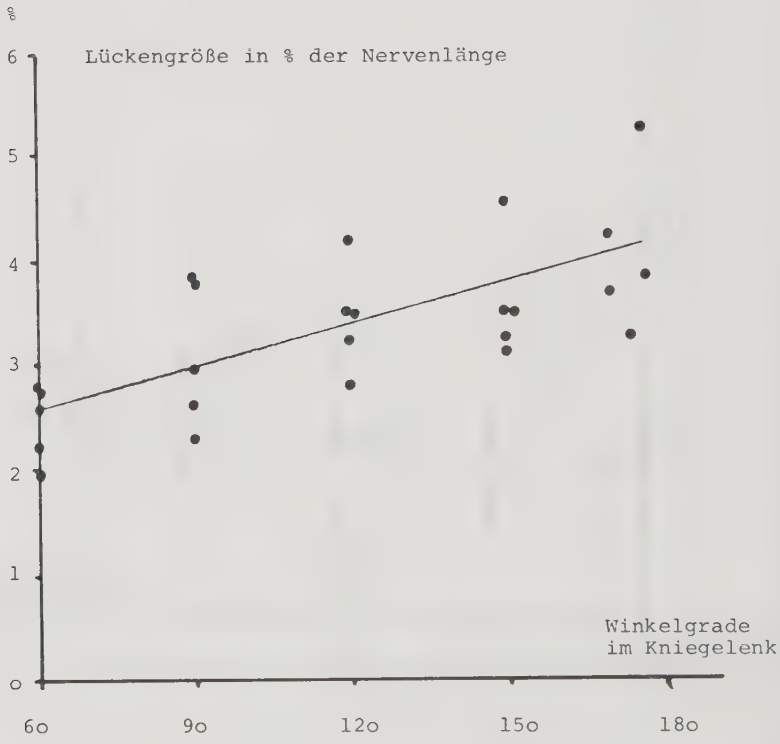
Punktwolke für Lückengröße f
(Winkelgröße im Kniegelenk)



N.tibialis

Unterschenkel, m/o

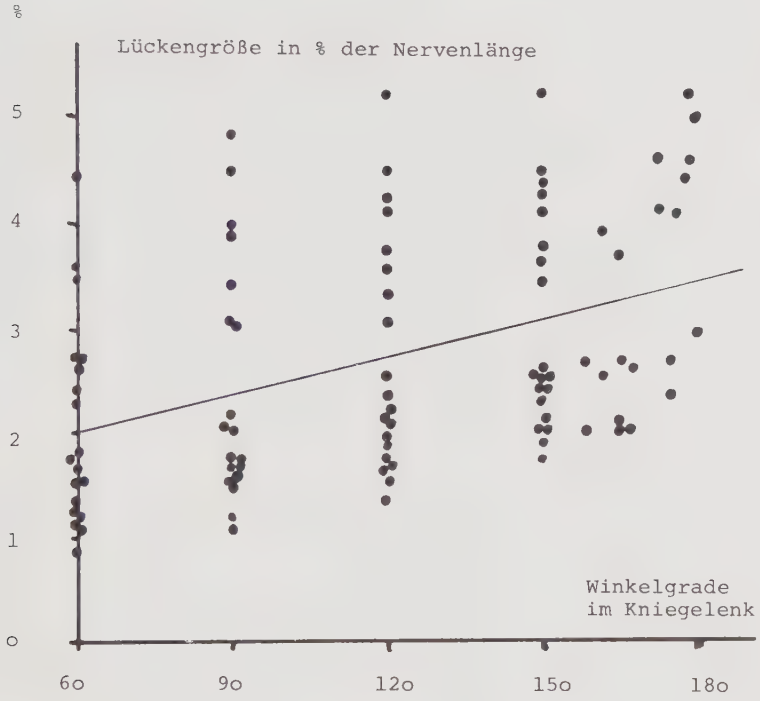
Punktwolke für Lückengröße f
(Winkelgröße im Kniegelenk)



N.tibialis

Unterschenkel, m/u

Punktewolke für Lückengröße f
(Winkelgröße im Kniegelenk)



5. Korrelation der Lückengrößen zum Kniegelenkswinkel

Koeffizienten und Konstanten für die Regressionsgeraden mit der Gleichung $y = a + b\,x$

		a	b
N.ischiadicus	1/4 Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius	1,6317	o,o247
	gleicher Ort, von Bindegewebe isoliert	o,816	o,o45
N.peronaeus	1 cm vor Eintritt in M.gastrocnemius	1,687	o,o13
	Unterschenkel Grenze m/o Drittel	1,229	o,oo4
N.tibialis	Unterschenkel Grenze m/o Drittel	1,821	o,o13
	Unterschenkel Grenze m/u Drittel	1,326	o,o12

6. Auswirkung einer Knochenfraktur auf die Lückengröße am Beispiel des Humerus

Die nervale Lückengröße fällt, wie das Stabdiagramm auf Seite 61 verdeutlicht, bei pathologischer Gliedbeweglichkeit größer als die sonst maximal mögliche Lücke aus, insbesondere bei extremen Verkantungen der Frakturenden, wie sie bei Unfällen kurzfristig aber durchaus denkbar sind. Die Lücke verkleinert sich jedoch nach einer solchen maximalen Vergrößerung wieder, erreicht allerdings nicht wieder ganz den Ausgangswert.

Im Durchschnitt blieb die Lücke nach maximaler Retraktion der Nervenenden auf Grund der pathologischen Knochenbeweglichkeit o,6o % der Nervenlänge größer.

Dabei betrug	der Median	o,555
	die Varianz	o,7o8
	die Standardabw.	o,841
	N	1o

7. Zur Frage der kritischen Lückengröße

Die kritische Lückengröße, also die Lückengröße, bis zu der sich der Nervendefekt mit einer Eind-zu-End-Naht versorgen läßt, besteht aus der durch Nervenretraktion entstehenden Lücke sowie aus einem bestimmten Maß an Nervensubstanzverlust, welches der Organismus im Hinblick auf die Heilung der End-zu-End-Naht noch toleriert.

Während der tolerable Nervensubstanzverlust auf Grund physiologischer Abläufe an ähnlich gestalteten peripheren Nerven für diese eine allgemein gültige Größe haben mag, trifft dies für das Retraktionsverhalten nicht zu. Daher ist die Formulierung einer allgemein kritischen Lückengröße für periphere Nerven ebenfalls nicht möglich. Wie die Lückengrößen unterschiedlich für die Loci im Nervenverlauf ausfallen, so müßten auch beliebig viele kritische Lückengrößen aufgestellt werden.

Um in etwa vergleichbare und praktikable kritische Lückengrößen anzugeben, welche sich auf Grund anatomischer und mechanischer Verhältnisse nach Nervendurchtrennung ergeben, wurde der Mittelwert zwischen minimaler und maximaler Lückengröße für die verschiedenen Durchtrennungsorte berechnet.

Es wurde so verfahren, daß die gesamte Bewegung der Nervenenden erfaßt wurde:
Bei Überstand der Nervenenden wurde dieser der später entstandenen maximalen Lückengröße hinzuaddiert und dann gemittelt. Ansonsten wurde die minimale Lückengröße von der maximalen subtrahiert und dann gemittelt.

Mittelwerte der Lückengrößen in cm für die verschiedenen Meßorte

Nerv	Durchtrennungsort	Mittel-wert	Median	Varianz	Standard-abweichg.	Anzahl N
N.medianus	Oberarm m/u	o,21	o,22	o,o1	o,o8	18
	Unterarm m/u Art.unversehrt	o,22	o,23	o,oo	o,o4	14
	Handgelenkslinie	o,o5	o,o3	o,oo	o,o4	1o
	Unterarm m/u Art.durchtrennt	o,37	o,35	o,o1	o,1o	15
N.ulnaris	Oberarm m/u	o,47	o,47	o,o2	o,15	18
	Oberarm o,5 cm vor Ellenbogenbeuge	o,24	o,24	o,o1	o,1o	1o
	Ellenbeuge	o,13	o,15	o,o1	o,1o	15
	Unterarm m/u	o,2o	o,19	o,oo	o,o4	1o
N.radialis	Oberarm im Muskel-durchtritt M.triceps dorsal	o,29	o,32	o,o2	o,14	18
	Oberarm, o,5 cm unterhalb Muskeldurchtritt M.triceps,dorsal Humerus frakt.	o,19	o,18	o,o1	o,o9	14
N.ischiadicus	Oberschenkel, 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb d.Troch.Tert.	1,29	1,3o	o,o4	o,2o	19
	Obersch.,1/4 d.Ober-schenkellänge unterhalb d.Troch.tert.,vom Bindegew.isol.	1,82	1,81	o,13	o,36	1o

Mittelwerte der Lückengröße in cm für die verschiedenen Meßorte

Nerv	Durchtrennungsort	Mittel-wert	Median	Varianz	Standard-abweichg.	Anzahl N
N.peronaeus	Wadenbeinkopf, 1,o cm vor Eintritt i.d.M.gastrocnemius	o,62	o,62	o,o5	o,22	12
	Unterschenkel m/o	o,5o	o,53	o,o2	o,12	1o
N.tibialis	Unterschenkel m/o	o,89	o,88	o,ol	o,11	5
	Unterschenkel m/u	o,73	o,64	o,o6	o,24	2o

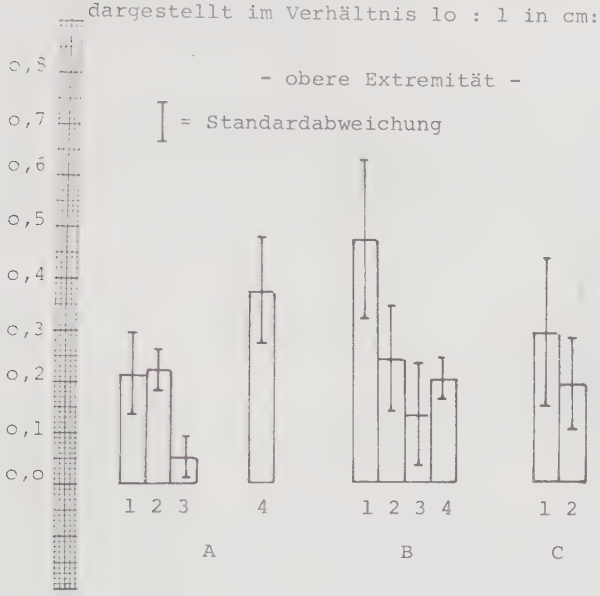
Mittelwerte der Lückengröße in % der Nervenlängen für die verschiedenen Meßorte

Nerv	Durchtrennungsort	Mittel-wert	Median	Varianz	Standard-abweichg.	Anzahl N
N.medianus	Oberarm m/u	o,93	o,94	o,11	o,33	18
	Unterarm m/u Art.unversehrt	1,oo	1,oo	o,o4	o,19	14
	Handgelenkslinie	o,18	o,12	o,o4	o,19	1o
	Unterarm m/u Art.durchtrennt	1,77	1,55	o,3o	o,55	15
N.ulnaris	Oberarm m/u	2,o1	2,o1	o,36	o,6o	18
	Oberarm, o,5 cm vor Ellenbogenbeuge	o,97	o,96	o,16	o,4o	1o
	Ellenbogenbeuge	o,57	o,63	o,17	o,41	15
	Unterarm m/u	o,82	o,81	o,o3	o,16	1o
N.radialis	Oberarm im Muskeldurchtritt M.triceps dorsal	2,o1	2,4o	o,94	o,97	18
	Oberarm, o,5 cm unterhalb Muskeldurchtritt M.triceps,dorsal Humerus frakt.	1,36	1,3o	o,51	o,71	14
N.ischiadicus	Obersch.,1/4 d.Oberschenkellänge unterhalb d.Troch.tert.	4,27	4,22	o,4o	o,63	19
	Obersch.,1/4 d.Oberschenkellänge unterhalb d.Troch.tert.vom Bindegew.isol.	5,97	5,93	1,o6	1,o3	1o

Mittelwerte der Lückengrößen in % der Nervenlängen für die verschiedenen Meßorte

Nerv	Durchtrennungsort	Mittel-wert	Medianz	Varianz	Standard-abweichg.	Anzahl
N.peronaeus	Wadenbeinkopf, 1,o cm vor Eintritt i.d.M.gastrocnemius	2,o7	1,97	o,61	o,78	12
	Unterschenkel m/o	1,66	1,75	o,16	o,4o	1o
N.tibialis	Unterschenkel m/o	3,o5	2,91	o,17	o,42	5
	Unterschenkel m/u	2,51	2,27	o,81	o,9o	2o

Mittelwert der mittleren Nervenretraktionen - dargestellt im Verhältnis lo : l in cm:



A = N.medianus
1 Oberarm, m/u
2 Unterarm, m/u
3 Handgelenkslinie
4 Unterarm, m/u A.mediana mit durchtrennt

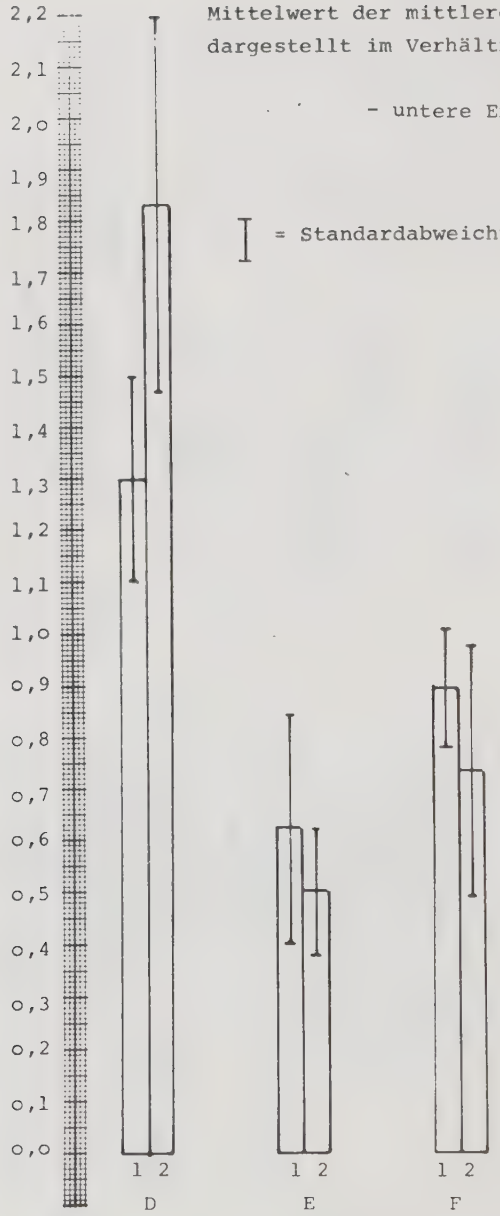
B = N.ulnaris
1 Oberarm, m/u
2 distaler Oberarm, o,5 cm vor Eintritt in den Kanal zwischen Olecranon und M.anconeus minimus
3 In Höhe der Olecranonspitze im Verlauf durch den Kanal zwischen Olecranon und dem M.anconeus minimus
4 Unterarm, m/u

C = N.radialis
1 Oberarm, im Durchtritt durch d.M.triceps nach dorsal
2 Oberarm, o,5 cm nach Austritt aus dem M.triceps, Humerus frakturiert

Mittelwert der mittleren Nervenretraktionen - dargestellt im Verhältnis lo : 1 in cm:

- untere Extremität -

= Standardabweichung



D = N.ischiadicus

1 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius

2 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius, vom Bindegewebe isoliert

E = N.peronaeus

1 1 cm vor Eintritt in den M.gastrocnemius

2 Unterschenkel, m/o

F = N.tibialis

1 Unterschenkel, m/o

2 Unterschenkel, m/u

8. Signifikanz der Meßwerte

Mit dem parametrischen T-Test für paarige und unpaarige Stichproben (Kollegium Biomathematik NW 1975) wurden einmal die Lükkengrößen in Minimal- und Maximal-Positionen der jeweiligen Meßreihen auf signifikante Unterschiede hin überprüft. Sodann wurden diese folgender verschiedener Meßreihen dem T-Test unterworfen:

Medianus Oberarm - Medianus Handgelenk
Medianus Unterarm m/u, Arterie unversehrt - Medianus Unterarm m/u Arterie durchtrennt
Ulnaris Oberarm m/u - Ulnaris Unterarm m/u
Ulnaris o,5 cm vor Ellbogenbeuge - Ulnaris Ellbogenbeuge
Medianus Oberarm m/u - Ulnaris Oberarm m/u
Medianus Unterarm m/u - Ulnaris Unterarm m/u
Ischiadicus, Oberschenkel, 1/4 der Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius - Tibialis, Unterschenkel m/u
Ischiadicus, Oberschenkel, 1/4 Oberschenkellänge unterhalb des Trochanter tertius - Ischiadicus, Oberschenkel, von Bindegewebe isoliert
Peronaeus, Unterschenkel m/o - Tibialis, Unterschenkel m/o

Mit Ausnahme folgender Meßreihen ergab sich für alle Meßreihen und aufgeführten Testpaare ein signifikanter Unterschied mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von o,25 %:

Ulnaris, Ellbogenbeuge P 1 - P 4
Medianus, Oberarm - Handgelenk P 1 - P 1
Ulnaris, o,5 cm vor Ellbogenbeuge - Ellbogenbeuge P 1 - P 1 und P 4 - P 4
Ulnaris, Unterarm - Medianus, Unterarm, Arterie unversehrt P 4 - P 4
Peronaeus, Unterschenkel m/o - Tibialis, Unterschenkel m/o P 1 - P 1.
Für diese Meßreihen bzw. Meßreihenpaare ergab sich kein signifikanter Unterschied.

VI. Diskussion

Auf Grund der vorliegenden Untersuchung läßt sich das Retraktionsverhalten peripherer gemischter Nerven in Abhängigkeit von den Extremitätenpositionen wie folgt charakterisieren: Es gibt kein für die betrachteten Nerven allgemeingültiges Retraktionsverhalten. Dieses ist nicht nur verschieden von Nerv zu Nerv, sondern auch von Schnittort zu Schnittort am jeweiligen Nerv.

Charakteristisch regelhaftes Retraktionsverhalten findet sich jedoch typischerweise für entsprechende Schnittorte gleicher Nerven, dies jedoch vorbehaltlich einer großen Standardabweichung.

Den lokalen Kräften, welche am Ort der Nervendurchtrennung auf die Nervenenden einwirken, kommt also besondere Bedeutung zu.

Zwei weitere Besonderheiten fallen auf:

- Bei allen Nerven nahm mit zunehmend distal gelegenem Schnittort - sieht man von besonders adhäsiven Engstellen im Nervenverlauf ab - die Lückengröße kontinuierlich ab.

- Die Lückengrößen erwiesen sich an den Nerven der Hinterextremität generell bis zum Mehrfachen größer als jene an der Vorderextremität. Dies beruht nicht auf der Bewegung der Gelenke, denn dieser Unterschied tritt bereits bei Messung in den Entlastungspositionen auf.

Hierzu lassen sich einige Überlegungen anstellen:

- Die Nerven sind in ihrem distalen Verlauf, besonders aber im Bereich von Hand und Fuß, mehr und mehr im Bindegewebe verwachsen. Diese Fixierung im Nervenbett wirkt der Lückengrößenzunahme nach Nervendurchtrennung entgegen. Dies kann wohl nicht der alleinige Grund für die Lückengrößenabnahme nach distal sein, denn dieses Verhalten zeigt sich schon bei proximal an den relativ nahe beieinander liegenden Schnittpunkten des N.ulnaris am Oberarm. Zudem sind die Nerven auch im Bereich ihres Eintritts in die Foramina intervertebralia recht stark im Bindegewebe fixiert.

- Die distalen Schnittorte liegen weit entfernt von den die Lückengrößen entscheidend beeinflussenden Gelenken Ellbogen und Knie.

- Es ist durchaus denkbar, daß die nach distal zunehmenden Nervenaufzweigungen ebenfalls durch eine weitere Verankerung im Nervenbett der Lückengrößenzunahme entgegenwirken.

- Die Dicke der Nerven nimmt von proximal nach distal ab. Ebenso fällt die Dicke der Beinnerven deutlich größer aus, als die der Armnerven. Die Nervendicke scheint den Hauptfaktor für das Ausmaß der Lückengröße darzustellen. Damit erklärt sich die Reduzierung der Lückendistanz von proximal nach distal im Nervenverlauf und ebenso die größere Lücke an den Nerven der Hinterextremität im Unterschied zur Vordergliedmaße.

Wie das beschriebene Retraktionsverhalten zeigt, sind an der Durchtrennungsstelle auftretende und auf den Nerven einwirkende Kräfte physiologischer und topographisch-anatomischer Art für das Retraktionsausmaß charakterisierend.

Wie sind nun die in der Problemdarstellung skizzierten Faktoren in ihrer Wirkung auf die entstehenden Lückengrößen stärke- und richtungsmäßig einzuordnen ?

Dicke und Länge des Nerven

Die Länge des Nerven erwies sich als nicht korrelierend mit der Lückengröße.

Der Durchmesser des Nerven scheint jedoch von größerer Bedeutung zu sein. Er ist der Faktor, der am ehesten für die regelhafte Lückengrößenabnahme von proximal nach distal sowie für den erstaunlichen Lückengrößenunterschied zwischen Vorderextremität und Hinterextremität verantwortlich zu machen ist.

Dementsprechend korreliren auch die Dicke der Nerven und die durchschnittliche Lückengröße. Nn.medianus, ulnaris und radialis sind dünner als N.tibialis und N.peronaeus, diese wiederum dünner als der N.ischiadicus. Die gleiche Steigerungsreihe ergibt sich für den jeweiligen Nerven zugehörigen Durchschnittslükkengrößen

Durchtrennungsort

Mit seinen spezifischen örtlichen anatomisch-topographischen Verhältnissen bestimmt er die Lückengröße nach Nervendurchtrennung.

Während die Lückengrößen an verschiedenen Nervenverlaufspunkten recht unterschiedlich ausfallen können, ergeben sich für gleiche Durchtrennungspunkte im Verlauf gleicher Nerven auch gleichgroße Nervenlücken mit jedoch entsprechender Streubreite.

Dieses Verhalten beruht darauf, daß sich über den Nervenverlauf hin die verschiedensten Kräfte sowohl in Richtung Lückengrößenzunahme als auch Lückengrößenverkleinerung auswirken. Diese Kräfte mit unterschiedlichen Ausrichtungen fallen je nach Nervenverlaufspunkt in ihrem Angriff auf die Nervenenden verschieden stark aus.

Die Verankerung im Nervenbett und anatomische Engen - so konnte gezeigt werden - wirken der Lückengrößenzunahme des Nerven stark entgegen.

Andererseits wirken sich gemeinsam mit dem Nerven verlaufende Organe bei deren Mitdurchtrennung auf die Nervenretraktion aus. Dies ist der Fall bei der gleichzeitigen Durchtrennung der Arteria mediana mit ihrer ausgeprägteren Elastizität, bei der Dislokation von Knochenbrüchen und wahrscheinlich auch beim Klaffen größerer Wunden, insbesondere bei Retraktion rupturierter Muskeln.

Einen vergrößernden Einfluß auf die Nervenlücke hat auch der Verlauf des Nerven durch weite Muskellogen, wo er relativ lokker im Bindegewebe verankert ist.

Für die recht großen Standardabweichungen bei den Messungen der Lückengrößen spielen weitere örtliche, durch individuelle Variabilität der einzelnen Versuchtstiere bedingte Faktoren eine Rolle. Unterschiedliche Beweglichkeit, Anlage von Fettpolstern, Muskelmasse, unterschiedliche Insertion des Nerven in die Umgebung üben neben den untersuchten Kräften einen eigenen Einfluß auf das Retraktionsverhalten aus.

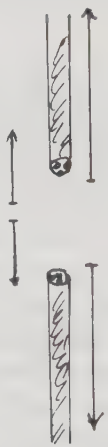
Gelenkbewegung

Entscheidend für die nervalen Lückengrößen sind die Bewegung im Ellbogengelenk an der Vorderextremität und die im Kniegelenk an der Hinterextremität. Dagegen wirken sich solche in Schulter- und Handgelenk, bzw. in Hüft- und Fußgelenk weitaus weniger aus. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß Ellbogen- und Kniegelenk, in der Mitte der jeweiligen Nervenverlaufsstrecken liegend, diese über ihre langen Winkelschenkel maximal spannen und entspannen können.

Das Charakteristikum der Nervenretraktion ist darin zu sehen, daß eine Vielzahl von Kräften in unterschiedlichem, aber für den jeweiligen Nervenort spezifischem Ausmaß auf die Lückengröße einwirkt. Diese verschieden ansetzenden Kräfte bestehen aus Faktoren des Nerven selbst (Dicke, Elastizität), des Nervenbettes (anatomischer Verlauf durch Engstellen, Topographie zu den Gelenken, Verankerung in die Umgebung) und mechanischen Faktoren (Gelenkbewegung):

Geringe Nervenretraktion

1. kleiner Nervendurchmesser
2. distaler Durchtrennungsort
3. Gliedbewegung nur im Schulter-, Hand- bzw. Hüft- und Fußgelenk
4. starke Verankerung im Nervenbett
5. Nervenpassage von Engstellen



Stärkere Nervenretraktion

1. großer Nervendurchmesser
2. proximaler Durchtrennungsort
3. Gliedbewegung im Knie- bzw. Ellenbogengelenk
4. lockere Verankerung im Nervenbett, weite Muskelloge
5. Abnorme Beweglichkeit bei gleichzeitigen Frakturen, Mitdurchtrennung der Begleitarterien

VII. Literaturverzeichnis

BARFRED, T., ZACHARIAE, L.
Neurofibroma in the median nerve treated with resection and free nerve transplantation, in: Scand, J.Plast. Reconstr.Surg. 9/1975, S.245-248

BARONE, R., PAVAUX, C., BLIN, P.C., CUQ, P.
Atlas d'anatomie du lapin, 1973, Masson & Cie, Paris (VI')

BRAIDWOOD, A.S.
Superficial radial neuropathy, in: J.Bone, Jt. Surg, 57/1975, S.38o-383

FORSTER, B., ROPOHL, D.
Rechtsmedizin, S.18, 21, 1976 Ferdinand Enke, Stuttgart

GERHARDT, U.
Das Kaninchen, S. 277-284, 341, 19o9, W.Klinkhardt, Leipzig

GURDJIAN, E.S., SMATHERS, H.M.
Peripheral nerve injuries in fractures and dislocations of long bones, in: J.Neurosurg. 2/1945, S.2o2

HAYMAKER, W., WOODHALL, B.
Peripheral nerve injuries, principles of diagnosis, 1953, Philadelphia-London

HENSELL, V.
Die Ursache und die Klinik der Nervenverletzungen, in: Langenbecks Archiv Chirurgie 332/1972, Tab. 1, 2, S.339-345

KAROLYI, L.v.
Anthropometrie - Grundlagen der Anthropologischen Methoden, S.13, 27-29, 1971, Gustav Fischer, Stuttgart

KESSEL, F.K., GUTTMANN, L., MAURER, G.
Neuro-Traumatologie mit Einschluß der Grenzgebiete, Bd.II, 233-235, 265-27o, 273-275, 283-284, 287-289, 295-3o8, 385, 394, 4o2, 4o8, 415, 419, 424, 1971, Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien

KLINE, D.G., HACKETT, E.R.
Reappraisal of timing for exploration of civilian peripheral nerve injuries, in: Surgery /1975, S.54-65

KOLLEGIUM BIOMATHEMATIK NW
Biomathematik für Mediziner, S. 161 ff., 168 f., 1975, Springer, Berlin-Heidelberg- New York

KRAUSE, W.
Die Anatomie des Kaninchens, S. 332-344, 1884, Wilhelm Engelmann, Leipzig

KUHLENDAHL, H.
Chirurgie der peripheren Nerven, in: Klinische Chirurgie für die Praxis, Bd.IV, S. 383, 1966, G.Thieme, Stuttgart

LANG, J., WACHSMUTH, W.
Praktische Anatomie, Bd.I, Teil 3, 2.Aufl., S.36, 38, 41, 47, 1959, Springer, Berlin-Heidelberg-New York
Teil 4, 2.neubearb.Aufl., S. 85, 88, 15o

LARSEN, R.D., POSCH, J.L.
Nerve injuries in the upper extremity, in: Archives of Surgery 77/1958,
97/1959, S.87

LOB, A.
Handbuch der Unfallbegutachtung, Bd.III, S. 287-299, 1973, Ferdinand Enke, Stuttgart

ORF, G.
Critical resection length and gap distance in peripheral nerves, in: Acta neurochirurgica:Supplementum 26/1978, S.3, Tab.1, Springer, Wien-New York

MUMENTHALER, M., SCHLIACK, H.
Läsionen peripherer Nerven, 1973, G.Thieme, Stuttgart

SAKELLARIDIS, H.
A follow-up study of 172 peripheral nerve injuries in the upper extremity in civilians, in: J.Bone, Jt. Surg. 44/1962, S.14o

SANDERS, F.K.
The preservation of nerve grafts, in: Preservation and Transplantation of normal Tissues, 1954, CIBA Found. Symp., London

SANDERS, F.K., YOUNG, J.Z.
The degeneration and re-innervation of grafted nerves, in: J.Anat. 76/1942, S. 143-166

SCHNELLE, H.H.
Längen-, Umfangs- und Bewegungsmaße des menschlichen Körpers, S.13-22, 26-37, 46-65, 1964, Johann Ambrosius Barth, Leipzig

STAMPFLI, F.
Über Nervenverletzungen, in: Zeitschrift für Unfallmedizin und Berufskrankheiten 46/1953, S. 228-257, Tab. 3

STOFFEL, A.
Über die Behandlung verletzter Nerven im Kriege, in: Münch.med.Wschr.(Feldärztl.Beilage), 6/1915, S.2o1-2o3
Über die Nervenmechanik und ihre Bedeutung für die Behandlung der Nervenverletzungen, in: Münch.med.Wschr. (Feldärztl.Beilage) 26/1915, S.889-892

SUNDERLAND, S.
Nerves and nerve injuries, S.781-785, 834-838, 921-923, 968, 1o69-1o75, 1968, E.& S. Livingstone, Edinburgh-London
S. 785-786, 837-838, 923, 968-973, 1o75, 1975, Churchill Livingstone, Edinburgh-London

ULRICH, U.
Klinische Beobachtungen bei primären und sekundären traumatischen peripheren Nervenschäden, in: Monatsschrift für Unfallheilkunde 78/1975, S. 1o-24

WEXBERG, E.
Traumatische Erkrankungen der peripheren Nerven und des Plexus, in: Handbuch der Neurologie, Bd. IX, S.23, 1935, Hrsg.Bumke und Foerster, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg

Herrn Priv.Doz. Dr. Orf möchte ich für die Überlassung des Themas und für seine freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit danken.

Lebenslauf

Am 27.Mai 1953 wurde ich in Bonn als Sohn des Bankkaufmanns Jakob Lowey und seiner Ehefrau Elisabeth, geb.Drews, geboren.

Von 196o bis 1964 besuchte ich die Kath.Volksschule in Walberberg.
Anschließend absolvierte ich das Städt.Gymnasium in Brühl, wo ich im Frühjahr 1973 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1973/74 immatrikulierte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Hier bestand ich die Ärztliche Vorprüfung im März 1976, den ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im März 1977 und den zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im März 1979.

Die nach der Approbationsordnung vorgeschriebene praktische Ausbildung erfolgte vom 3o.April 1979 bis zum 24.April 198o im Malteser Krankenhaus Bonn.

Ich beendete mein Medizin-Studium am 24.April 198o mit der erfolgreichen Ablegung des dritten Abschnittes der Ärztlichen Prüfung.

Mit Wirkung vom 13.Juni 198o wurde mir durch den Regierungspräsidenten in Köln die Approbation als Arzt erteilt.